



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA -UnICEUB
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

LILIA RODRIGUES LUCAS MAGALHÃES

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Orientador: Prof^a. Maria Marony Sousa Farias

Brasília - DF

Junho, 2011

LILIA RODRIGUES LUCAS MAGALHÃES

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília
(UniCEUB) como pré-requisito
para a obtenção de Certificado de
Conclusão de Curso de Engenharia
de Computação.

Orientador: Prof. Maria Marony
Sousa Farias

Brasília - DF

Junho, 2011

LILIA RODRIGUES LUCAS MAGALHÃES

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília
(UniCEUB) como pré-requisito
para a obtenção de Certificado de
Conclusão de Curso de Engenharia
de Computação.

Orientador: Prof. Maria Marony
Sousa Farias

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação,
e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas -
FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandez

Coordenador do Curso de Engenharia da Computação - UniCEUB

Banca Examinadora:

Prof. Maria Marony Sousa Farias, M.Sc. Engenharia Elétrica
Orientadora

Prof. Thiago de Miranda Leão Toribio, M.Sc. Física Teórica
Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Prof. Antônio Barbosa Júnior
Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Prof. João Marcos
Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Dedico este trabalho aos meus filhos Pedro Lucas e Marcos Paulo, pelos quais tive que adiar a realização deste projeto. Que esta conquista lhes sirva de exemplo em suas trajetórias para que nunca desistam de seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por estar sempre me guiando ao longo do caminho.

Ao gestor ambiental Hércules Oliveira de Lima pelo incentivo em concluir este curso e pelo exemplo de determinação.

Ao meu pai Antônio Rodrigues e à memória de minha mãe Geni, os quais desde os primeiros anos de minha infância, apesar da pouca escolaridade, sempre me ensinaram a importância e o valor do conhecimento.

Em especial, agradeço ao meu marido Santiago Moreira Magalhães, que esteve sempre ao meu lado suportando todas as minhas queixas e lamentações diante das dificuldades enfrentadas ao longo desta caminhada.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 2 - A ÁGUA E O RISCO DE ESCASSEZ.....	19
2.1– A importância da água	19
2.2– A água no planeta.....	19
2.3– A escassez e o desperdício.....	22
2.4– Aproveitamento de águas pluviais.....	24
2.5– Tipos de Tratamento para utilização de águas pluviais de acordo com o fim a que se destina.....	25
CAPÍTULO 3 – FERRAMENTAS E MÉTODOS UTILIZADOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA	29
3.1– Programação com Microcontroladores.....	29
3.2– Ferramentas de Hardware e Software utilizadas na Implementação do Sistema	30
3.2.1– Kit de desenvolvimento CW 552	30
3.2.2– Microcontrolador 8051	32
3.2.3– Linguagem C.....	35
3.2.4– IDE Eclipse	36
3.2.5– Small Device C compiler – SDCC.....	38
3.2.6– PROTEUS ISIS Professional	39
3.3– Componentes Eletrônicos	39
3.3.1– Porta Lógica AND	39
3.3.2– Transistor TIP 122	40
3.3.3– Optoacoplador.....	41
3.3.4– Relé e Diodo de Proteção (Carga Indutiva)	42
3.4– Pesquisa e Escolha dos Dispositivos e Materiais Utilizados	42

CAPÍTULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO	46
4.1 – O Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva Proposto.....	46
4.2 – Funcionamento dos Processos	49
4.2.1 – Captação e Armazenamento.....	49
4.2.2 – Distribuição:.....	50
4.3 – Etapas da Implementação	50
4.3.1 – Modelagem do Sistema.....	51
4.3.2 – Elaboração do Circuito	54
4.3.3 – O Programa para o Microcontrolador	59
4.3.4 – A Montagem do Protótipo	70
4.3.5 – Montagem do circuito na placa.....	77
4.3.6 – Interligação da maquete com o microcontrolador.....	80
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E APLICAÇÕES DO SISTEMA	82
5.1 – Área de Aplicação	82
5.2 – Descrição da Aplicação do Sistema	82
5.3 – Resultados da Aplicação do Sistema	89
5.4 – Custos de implementação	91
5.5 – Avaliação Global do Sistema.....	92
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
6.1 – Conclusões.....	93
6.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
APÊNDICES	99
Apêndice A – Código do Programa	99
ANEXOS	116
Anexo A – Datasheet da porta lógica HD74LS08P.....	116

Anexo B – Datasheet do Transistor TIP 122.....	123
Anexo C – Datasheet do optoacoplador 4N25.....	128
Anexo D – Manual da moto bomba mini C.....	135
Anexo E – Manual do sensor nível LC26M-40	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Disponibilidade de água no mundo.....	20
Figura 2.2 – Recursos Hídricos no Brasil.....	21
Figura 2.3 – Utilização da água no Brasil	23
Figura 2.4 – Consumo de água em uma residência no Brasil	23
Figura 2.5 – Corte esquemático de um sistema de captação e reservação de águas pluviais...	27
Figura 3.1 – Diagrama de blocos do Kit CW552	31
Figura 3.2 – Microcontrolador acoplado ao Kit CW 552.....	31
Figura 3.3 – O núcleo básico 8051.....	33
Figura 3.4 – Pinagem do microcontrolador 80C51	34
Figura 3.5 – Eclipse com perspectiva para C/C++	36
Figura 3.6 – Tabela verdade e símbolo da porta AND.....	40
Figura 3.7 – Símbolo e identificação dos pinos do TIP 122.....	40
Figura 3.8 – Circuito integrado contendo optoacoplador.....	41
Figura 3.9 – Esquema dos pinos do optoacoplador 4N25	41
Figura 3.10 – Circuito com diodo de proteção	42
Figura 3.11 – Imagem da bomba	43
Figura 3.12 – Imagem dos sensores	43
Figura 3.13 – Imagem da válvula solenóide.....	43
Figura 3.14 – Imagem da bóia.....	44
Figura 3.15 – Mangueira transparente ½” e mangueira sifonada	44
Figura 3.16 – Calha e conexões utilizadas	44
Figura 4.1 – Corte Esquemático Sistema de Aproveitamento Proposto	46
Figura 4.2 – Planta baixa e corte da Maquete	48
Figura 4.3 – Etapas de Implementação do Projeto	50
Figura 4.4 – Unidades do sistema.....	51
Figura 4.5 – Fluxograma geral do sistema	52
Figura 4.6 – Esquema do Projeto	53
Figura 4.7 – Fluxograma da rotina principal do sistema	54
Figura 4.8 – Circuito para acionamento da bomba.....	55
Figura 4.9 – Circuito para acionamento das válvulas solenóide V1 e V2.....	55
Figura 4.10 – Inserção do código compilado no Proteus Isis Professional	57

Figura 4.11 – Proteus Isis Professional em execução durante a simulação.....	57
Figura 4.12 – Circuito completo elaborado para simulação no Proteus.....	58
Figura 4.13 – Interface da IDE Eclipse	59
Figura 4.14 – Código do Programa principal	60
Figura 4.15 – Fluxograma da sub-rotina “Primeiras Chuvas”.....	61
Figura 4.16 – Código da sub-rotina “Primeiras Chuvas”	62
Figura 4.17 – Fluxograma da sub-rotina “Sistema Ativado”	63
Figura 4.18 – Código da sub-rotina “Sistema Ativado”	64
Figura 4.19 – Fluxograma da sub-rotina “Reservatório Cheio”	65
Figura 4.20 – Código da sub-rotina “Reservatório Cheio”	66
Figura 4.21 – Fluxograma da sub-rotina “Sistema Desativado”	67
Figura 4.22 – Código da sub-rotina “Sistema Desativado”	67
Figura 4.23 – Fluxograma da sub-rotina “Reservatório Vazio”	68
Figura 4.24 – Código da sub-rotina “Reservatório Vazio”	68
Figura 4.25 – Interface de compilação no SDCC.....	69
Figura 4.26 – Kit CW 552 acoplado ao laptop via porta USB	69
Figura 4.27 – Interfaces do Software Down.....	70
Figura 4.28 – Maquete em madeira e os 03 reservatórios em acrílico	71
Figura 4.29 – Furo na lateral esquerda da maquete	71
Figura 4.30 – Furo no fundo da maquete para fixação da válvula V2	72
Figura 4.31 – Furo na base de apoio dos reservatórios superiores	72
Figura 4.32 – Primeiro Sensor de Chuva desenvolvido	73
Figura 4.33 – Sensor de Chuva definitivo	74
Figura 4.34 – Circuito do Sensor de Chuva utilizado	74
Figura 4.35 – Furos para fixação dos sensores.....	75
Figura 4.36 – Sensores fixados no reservatório superior de água de chuva.....	75
Figura 4.37 – Furos feitos para passagem do fio e mangueira da bomba.....	76
Figura 4.38 – Passagem da mangueira e posicionamento da bomba	77
Figura 4.39 – Relé Tambo (12V)	77
Figura 4.40 – TIP 122.....	77
Figura 4.41 – Esquema dos pinos e imagem da porta lógica HD74LS08P.....	78
Figura 4.42 – Imagem da porta com os resistores de 10 K nas entradas.....	79
Figura 4.43 – Imagem da placa do circuito fixada na maquete.....	80

Figura 4.44 – Imagem da placa dos LED's.....	80
Figura 4.45 – Interligação dos pinos para o protoboard e identificação com etiquetas	81
Figura 4.46 – Interligação dos pinos do protoboard à placa do circuito	81
Figura 5.1 – Imagem do protótipo concluído	82
Figura 5.2 – Interligações do sistema com o Kit e a conexão com o laptop	83
Figura 5.3 – Mensagem inicial na situação de SECA	84
Figura 5.4 – Mensagem para a situação do reservatório superior de água de chuva vazio	84
Figura 5.5 – Mensagem exibida ao abrir a válvula V2.....	85
Figura 5.6 – Mensagem para condição do reservatório superior de água de chuva cheio	86
Figura 5.7 – Mensagem exibida ao fechar a válvula V2	86
Figura 5.8 – Mensagens para situação de CHUVA (Sistema Ativado)	87
Figura 5.9 – Mensagens para contagem de tempo do descarte – Primeiras Chuvas	87
Figura 5.10 – Mensagens para tempo de acionamento da bomba – Primeiras Chuvas.....	88
Figura 5.11 – Mensagens exibidas ao ligar a bomba e abrir a válvula V1.....	88
Figura 5.12 – Mensagens exibidas ao desligar a bomba e fechar a válvula V1	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Deflúvio Médio de Recursos Hídricos no Mundo em 1998	21
Tabela 2 – Usos da água X uso requerido	26
Tabela 3 – Variação da qualidade da água devido ao sistema de coleta	26
Tabela 4 – Associação dos pinos do microcontrolador com os dispositivos do projeto	52
Tabela 5 – Estimativa de custo dos dispositivos hidráulicos específicos para o modelo proposto	91
Tabela 6 – Estimativa de custo dos componentes eletrônicos	91

RESUMO

O presente trabalho procura demonstrar o funcionamento automatizado de um sistema de aproveitamento de água de chuva por meio da elaboração de um protótipo composto pela maquete de um banheiro, confeccionada em madeira, juntamente com três reservatórios em acrílico. Esse cenário representa o sistema de distribuição de água de chuva dentro de uma residência e destina-se à utilização em descarga sanitária.

O sistema é controlado pelo microcontrolador 80C552, modelo da família 8051, acoplado ao kit de desenvolvimento CW 552. O seu funcionamento compreende a detecção de chuva por meio de um sensor, a verificação de níveis máximo e mínimo no reservatório superior de água de chuva efetuado por dois sensores modelo LC26M-40 da marca ICOS, adquiridos comercialmente, bem como o controle de fluxo de água na entrada dos reservatórios inferior e superior de água de chuva por meio de duas válvulas solenóide. O protótipo simula o funcionamento do sistema efetuando a captação da água por meio de uma calha e controla a coleta desta água por meio da válvula localizada na entrada do reservatório, alternando entre a armazenagem e o descarte para a rede de águas pluviais. Essa água armazenada é bombeada com o auxílio de uma bomba de aquário para o reservatório superior de distribuição, estando disponível para utilização, sendo previsto também a alternância das fontes de consumo, ora provenientes da rede de abastecimento, ora originária da captação de água de chuva.

Decorrente disso, pode-se observar uma riqueza de aplicações pertencentes ao campo técnico da automação, sobretudo da utilização de microcontroladores, concluindo que o funcionamento adequado, simulado com sucesso neste trabalho, contribui para a reflexão sobre o consumo sustentável aliado a geração de economia e combate ao desperdício.

Palavras Chave: Aproveitamento. Águas. Pluviais.

ABSTRACT

This paper attempts to demonstrate the operation of an automated system that takes advantage of rainwater through the development of the prototype model composed of a bathroom, made of wood, along with three reservoirs in acrylic. This scenario represents the distribution system of rainwater within the residence and is intended to be that it will use in sanitary landfills.

The system is controlled by the microcontroller 80C552, model 8051, coupled with the development kit CW 552. The operation involves the detection of rain by means of a sensor that checks the maximum and minimum upper reservoir of rain water made by two sensors LC26M-40 model brand ICOS acquired commercially, the well twists the control flow water at the of the upper and lower reservoirs of rain water through two solenoid valves. The prototype simulates the operation of effecting the uptake of water through the channel and control the collection of water through the valve at the braids of the reservoir, alternating between the storage and disposal to the stormwater network. This stored water is pumped with the aid of an aquarium pump to the upper reservoir distribution and is available to be that it will use, it is also expected to alternate sources of consumption, either from the supply network, sometimes original captures of rainwater.

Resulting from this, one can watch the wealth of applications belonging to the technical field of automation, particularly the use of microcontrollers, concluding that the proper operation, successfully simulated in this work contributes to the debates on sustainable consumption combined with economy and generating combating waste.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível para a sobrevivência da humanidade. Além da importância vital para a manutenção das espécies, este elemento tornou-se símbolo de poder e progresso. A escassez deste bem tão valioso é resultante do crescente consumo, mas principalmente do mau uso dos recursos hídricos, o que representa uma constante ameaça ao desenvolvimento e à preservação ambiental.

O desperdício pode ser verificado tanto no uso doméstico, motivado pela desinformação e a falta de orientação da população, quanto nas diversas etapas do processo: coleta, armazenamento, tratamento e destinação final deste recurso.

Diante de tal cenário é necessário que a população se conscientize de que a água não é um bem inesgotável e passe a adotar medidas de preservação para que o mundo não sofra com a falta deste elemento tão essencial à vida. Na tentativa de alcançar esses objetivos é preciso que se reformule o sistema de abastecimento de água, pois atualmente, na maioria dos centros urbanos, utiliza-se água tratada para todos os fins. Uma opção para minimizar esse problema é a utilização da água pluvial para fins menos nobres, que de imediato traz benefícios, porque reduz a demanda das águas tratadas, proporcionando economia e redução da demanda das águas subterrâneas e de superfície. O uso racional das águas, além de caracterizar uma ação ecologicamente correta, representa uma efetiva economia para os consumidores.

O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, além de significar uma grande economia na conta de água, é uma prática que pode contribuir muito para a redução da incidência de inundações nas grandes cidades decorrentes do volume excessivo de chuvas em determinadas épocas do ano. Isso porque o excesso de áreas impermeabilizadas nos ambientes urbanos, é um dos fatores preponderantes para ocorrência de enchentes, pois a água da chuva não tem como infiltrar no solo e chegar ao lençol freático, acumulando-se nas ruas e transbordando nos rios. Assim, a implantação de sistemas de reaproveitamento dessas águas iria reduzir sensivelmente esse problema.

1.1 – Problema

Com o risco de escassez da água provocado principalmente pela má utilização dos recursos hídricos, faz-se necessário a utilização de sistemas de aproveitamento das águas de chuva para fins não potáveis, de modo a não se utilizar as águas tratadas para todos os fins, seja para higiene pessoal, descarga em bacias sanitárias ou para lavar calçadas.

Diante disso, este projeto responderá a seguinte problemática: Com a engenharia de controle é possível automatizar todas as etapas de um sistema de aproveitamento de água de chuva, garantindo eficiência e qualidade dos processos?

1.2 – Objetivos

1.2.1 – Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é automatizar um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

1.2.2 – Objetivo Específico

Desenvolver um protótipo automatizado de um sistema de aproveitamento de água de chuva controlado pelo microcontrolador 80C552, que compreende os processos de captação, armazenamento e distribuição de água em uma maquete composta por um banheiro e três reservatórios, representando a distribuição da água de chuva dentro de uma residência.

1.3 – Justificativa e Importância

Apesar de parecer um assunto novo, os primeiros registros históricos de aproveitamento de água de chuva são muito antigos, no entanto, nunca esteve tão evidente como atualmente diante do risco de escassez mundial de água.

Os sistemas de captação e armazenamento de águas provenientes de precipitações de telhados ainda não são muito conhecidos, sendo sua utilização ainda restrita. Essa situação deve-se principalmente ao fato da normatização existente trazer altos níveis de segurança e controle para garantir a qualidade da água e evitar problemas de saúde pública.

Diante disso, a automação torna-se uma grande aliada, pois, por meio da tecnologia, os sistemas de aproveitamento de chuva podem ser desenvolvidos e programados de modo a respeitar os padrões de controle e qualidade.

É possível adotar os devidos controles de forma segura e confiável, utilizando a água aproveitada da chuva alternada com a água potável da rede de abastecimento. Pretende-se assim enfrentar os problemas de escassez e desperdício, de forma a promover a

sustentabilidade ambiental, além de reduzir significativamente o valor da conta de água das residências.

1.4 – Escopo

O sistema proposto irá demonstrar o funcionamento dos processos que envolvem os sistemas de aproveitamento de água de chuva, a captação, o armazenamento e a distribuição.

- **CAPTAÇÃO:** Esta etapa compreende a coleta da água da chuva proveniente do telhado por meio de calha e coletores que conduzirão esta água para um reservatório inferior ou cisterna.

- **ARMAZENAMENTO:** Abrange o processo de estocagem desta água no reservatório inferior de onde será bombeada para o reservatório superior de água de chuva.

- **DISTRIBUIÇÃO:** Compreende a distribuição da água do reservatório superior de água de chuva para os pontos de utilização estabelecidos como alternativa ao abastecimento normal de água potável, mantendo total independência do sistema convencional de abastecimento, de modo a evitar contaminações.

O processo de utilização propriamente dita da água armazenada, não está contemplado neste trabalho devido a adequação da extensão do projeto ao tempo proposto de desenvolvimento. Essa utilização também se sujeita a regras técnicas que pretendem evitar a contaminação limitando a sua utilização a pontos específicos de usos menos nobres, bem como a regras temporais relacionadas ao período de seca e chuva.

Este projeto não contempla também a utilização de grelhas para a remoção de sujeiras provenientes dos telhados e nem tampouco a utilização de filtro ou outro sistemas de desinfecção, a fim de atingir níveis de descontaminação.

1.5 – Resultados Esperados

Pretende-se demonstrar a viabilidade do sistema de aproveitamento de água da chuva utilizando recursos e ferramentas da engenharia, e, ao mesmo tempo, incentivar um consumo de água sustentável que também traz vantagens para o usuário.

1.6 – Estrutura

A presente monografia está estruturada em 6 capítulos, que apresentam o conteúdo descrito a seguir:

No capítulo 1, encontra-se a introdução do trabalho, onde é feita uma apresentação geral do tema, com a exposição do problema a ser solucionado, sua relevância e os objetivos propostos.

O capítulo 2 é dedicado ao aprofundamento da problemática referente ao risco da escassez de água, apresentando a importância da água para a vida na terra, identificando as principais causas para a sua diminuição e propondo como alternativa o reaproveitamento de água de chuva e a reestruturação do sistema de abastecimento de forma a evitar os desperdícios.

O capítulo 3 dá ênfase às formas com que a engenharia de automação e controle podem contribuir para a sustentabilidade do planeta com observância as normas de modo a garantir a eficiência e a qualidade do sistema.

O capítulo 4 por sua vez, mostra os detalhes práticos da implementação, desde a modelagem do sistema, a descrição técnica dos recursos utilizados, o programa de computador desenvolvido e a montagem do protótipo.

Já o capítulo 5 demonstra os resultados alcançados com o funcionamento do protótipo e os campos de aplicações onde podem ser aproveitadas as constatações apuradas, ressaltando que também foram abordados os custos de implementação.

Por fim, no capítulo 6 traz-se a conclusão do trabalho realizado, complementando a pesquisa acadêmica com sugestões para a realização de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - A ÁGUA E O RISCO DE ESCASSEZ

2.1 – A importância da água

A água é essencial para qualquer forma de vida no mundo, desde os primórdios da vida no planeta Terra e da história da espécie humana. (TUNDISI, 2005).

Segundo Braga (2005), a água encontra-se disponível sob várias formas, e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico.

No antigo Egito, por volta de 5.000 a.c, a água já representava um fator de extrema importância para a sobrevivência das civilizações, principalmente quando se descobriu que o cultivo de alimentos dependia diretamente da oferta de água nele utilizada. Muitas cidades desenvolveram-se próximas a rios que atendessem as suas necessidades domésticas e agrícolas. (GRASSI, 2001).

2.2 – A água no planeta

Segundo Grassi (2001), o planeta Terra se encontra inundado por aproximadamente 1,4 bilhão de Km³, correspondente a cerca de 71% da superfície terrestre. No entanto, a maior parte desta água não se encontra disponível para o consumo. Conforme dados da Uniágua (2008), de toda água disponível no Planeta 97,5% está nos oceanos; 2,493% é água doce, mas encontra-se em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e 0,007% é encontrada nos rios, lagos e na atmosfera, própria para o consumo humano. Estas porcentagens variam um pouco entre os autores, a exemplo da WWF-Brasil, conforme demonstrado na figura 2.1 a seguir.



Figura 2.1 – Disponibilidade de água no mundo

Fonte: (WWF-Brasil, 2011)

A situação do Brasil é um pouco mais confortável, segundo dados da UNESCO, 13,70% de toda a água doce superficial disponível no Planeta está localizada em solo brasileiro. No entanto, de todo o volume de água disponível no país, 80% encontra-se na região amazônica e os 20% restantes estão distribuídos por todo o país, destinando-se a atender 95% da população brasileira (REBOUÇAS et al., 1999 apud GRASSI, 2001). No que se refere à disponibilidade hídrica mundial, o Brasil é altamente privilegiado com volumes médios anuais de 8.130 km^3 , que representa um volume de $50.810 \text{ m}^3/\text{habitante/ano}$. Porém, estes números devem ser encarados com certa cautela, pois a distribuição de água no Brasil, a exemplo da situação mundial, também é bastante irregular.

Esses dados podem divergir um pouco de acordo com os autores, a exemplo do WRI e ANEEL, conforme demonstrado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Deflúvio Médio de Recursos Hídricos no Mundo em 1998

Regiões	Oferta (Deflúvio médio) -1998		Consumo	
	Total (Km ³ /ano)	Per capita (m ³ /hab/ano)	Total (Km ³ /ano)	Per capita (m ³ /hab/ano)
África	3.996	5.133,05	145,14	202
América do Norte	5.308,60	17. 458,02	512,43	179
América Central	1.056,67	8.084,08	96,01	916
América do Sul	10.080,91	30.374,34	106,21	335
Brasil	5.744,91	34.784,33	36,47	246
Ásia	13.206,74	3.679,91	1.633,85	542
Europa	6.234,56	8.547,91	455,29	625
Oceania	1.614,25	54.794,64	16,73	591
Mundo	41.497,73	6.998,12	3.240	645

Fonte: WRI (1998) e ANEEL (1999).

Um exemplo claro disso, é que a Amazônia, o lugar mais rico em água potável do mundo (cerca de 80%), também é uma das regiões menos populosa do país e encontra-se muito distante dos grandes centros urbanos nacionais. (JACOBI, 2008). Enquanto isso, no Sudeste, essa relação se inverte: a maior concentração populacional do País tem disponível 6% do total da água. Essa distribuição dos recursos hídricos pode ser observada na figura 2.2.

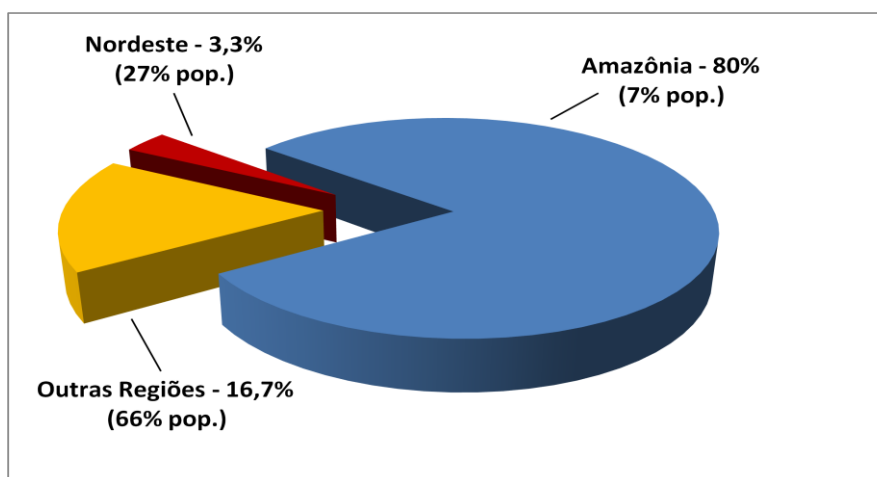


Figura 2.2 – Recursos Hídricos no Brasil.

Fonte: (PROJETO ÁGUA, 1998 apud PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000)

De acordo com o Instituto Brasília Ambiental – IBRAM, o Distrito Federal apresenta baixa disponibilidade de recursos hídricos superficiais, pois por se tratar de uma região de nascentes, os rios de cabeceiras que abastecem o Distrito Federal possuem baixas vazões, tudo isso agravado pelo crescimento populacional acelerado das últimas décadas, o que significou um aumento considerável da demanda de água na região.

2.3 – A escassez e o desperdício

A escassez de água, segundo a UNESCO é o problema mais grave enfrentado pela humanidade no século 21. De acordo com as estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU) a escassez de água pode atingir 45% da população da Terra em 2050.

A água limpa está cada vez mais rara e a água de beber cada vez mais valiosa. Segundo um estudo do Instituto Internacional de Gerenciamento de Água, a escassez de água poderá atingir até mesmo as regiões com abundância de recursos hídricos, isso devido à má utilização destes recursos, principalmente para atividades como a agricultura.

Esse cenário deve-se não só a distribuição hídrica irregular e a crescente demanda de consumo, mas principalmente ao aumento da degradação da qualidade da água, principalmente nas áreas mais populosas, em razão de processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, sem nenhuma preocupação com a sustentabilidade e a preservação destes recursos.

O desperdício de acordo com o Instituto Sócio Ambiental - ISA (2004) atinge entre 50% e 70% nas cidades. Enquanto que a baixa eficiência das empresas de abastecimento agrava ainda mais esse quadro, pois as perdas na rede de distribuição por roubos e vazamentos atingem entre 40% e 60%, além de 64% das empresas não coletarem o esgoto gerado. Além disso, o saneamento básico não é implementado de forma adequada, já que 90% dos esgotos domésticos e 70% dos afluentes industriais são jogados sem tratamento nos rios, açudes e águas litorâneas, o que tem gerado um nível de degradação nunca imaginado.

No Brasil, a utilização da água é distribuída da seguinte forma: 69% é utilizada na irrigação, 12% com a criação de animais, 7% nas indústrias, 2% na área rural e 10% nas áreas urbanas, sendo que estes dois últimos percentuais compreendem todas as formas de utilização, ou seja, apenas uma pequena parcela irá efetivamente para o consumo humano de forma direta. O gráfico da utilização da água pode ser visualizado na figura 2.3.

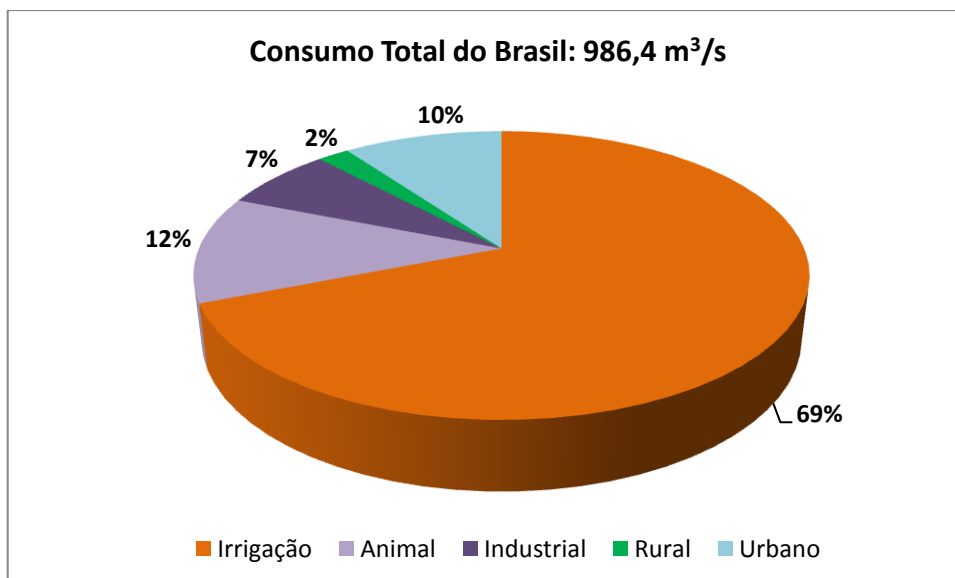


Figura 2.3 – Utilização de água no Brasil.

Fonte: (ANA, 2009)

De acordo com Hafner (2007), apud Machado, Santos (2008) a água é utilizada em edificações, em estudos realizados no Brasil, conforme a distribuição apresentada pelo gráfico da figura 2.4.

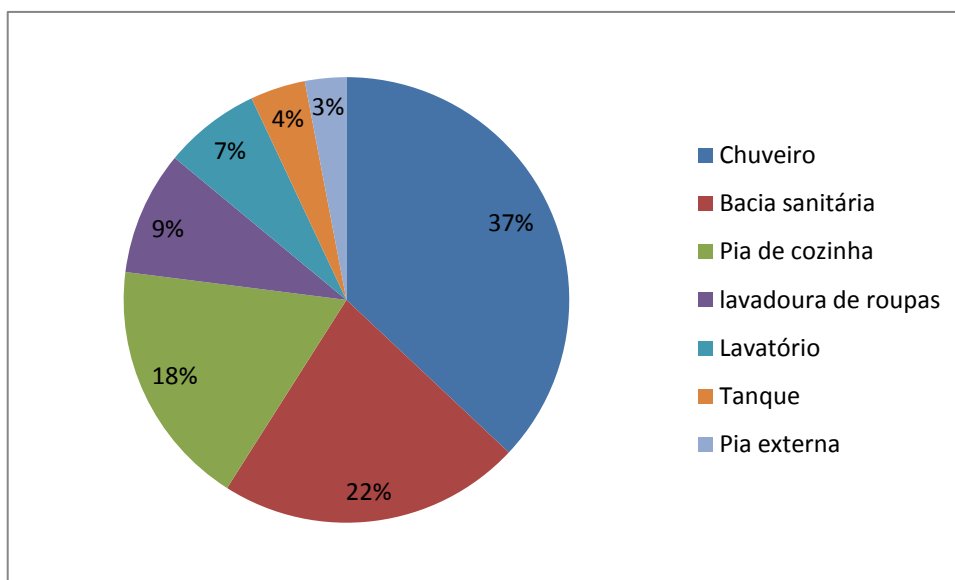


Figura 2.4 – Consumo de água em uma residência no Brasil.

Fonte: (HAFNER, 2007, apud Machado, Santos – adaptado pelo autor).

Observa-se que os principais vilões do consumo de água em uma residência são os chuveiros e as bacias sanitárias, os quais juntos representam 59% do consumo total da residência.

2.4 – Aproveitamento de águas pluviais

O manejo e o aproveitamento de águas de chuva têm sido praticados por diferentes civilizações ao longo dos tempos. Há relatos de que havia sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva há mais de 2.000 anos, no Oriente, Oriente Médio e Europa. Dillaha e Zolan (1985) relatam a existência de um sistema integrado de manejo de água de chuva há 2.000 anos, no deserto de Negev, atualmente território de Israel.

Na ilha de Creta são encontrados inúmeros reservatórios escavados em rochas anteriores a 3.000 a.C com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o consumo humano (RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001 apud TOMAZ, 2003).

O aproveitamento das águas pluviais tem sido aceito em várias partes do mundo. No Brasil, há uma crescente conscientização, estimulada muitas vezes por ONGs, universidades, empresas públicas ou privadas, dentre outras que utilizam sistemas de aproveitamento de água de chuva, como por exemplo, o Aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro e a nova Rodoviária de Brasília.

A principal utilização das águas pluviais, praticadas atualmente, é descargas em vasos sanitários, reserva de proteção contra incêndios em edifícios, irrigação de jardins, praças, canteiros, utilização industrial, irrigações de lavouras, campos de futebol, sistemas decorativos aquáticos, lavagem de automóveis dentre outros. Em grandes empreendimentos, órgãos públicos, por exemplo, já existe esta preocupação com o reaproveitamento da água, visando à economia aliada a uma prática politicamente correta.

Em alguns estados do Brasil há leis que tornam obrigatório o uso de águas pluviais para fins menos nobres, como é o caso do Distrito Federal, que editou recentemente as leis nº. 3.677, de 13 de outubro de 2005 e a Lei nº. 4.181, de 21 de julho de 2008 que, no entanto, não foram regulamentadas. Estas legislações especificamente condicionam a instalação de reservatórios de captação de águas pluviais à concessão de carta de Habite-se nas unidades habitacionais do Distrito Federal. No entanto, é necessário que se tenha muita cautela na implantação de tais sistemas, pois estas legislações não trazem nenhuma menção aos riscos existentes de contaminação da água por possíveis interferências entre o sistema de

aproveitamento e o sistema de abastecimento de água da concessionária e conseqüentemente a proliferação de doenças. Atualmente no Distrito Federal, existe apenas uma norma específica que trata do assunto, a NBR 15.527, que normatiza o aproveitamento de águas de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

2.5 – Tipos de Tratamento para utilização de águas pluviais de acordo com o fim a que se destina

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais que seja seguro depende de uma gestão adequada durante todas as fases do processo, desde a captação, reservação, tratamento específico para o fim que se destina e distribuição para pontos de utilização. Todos esses cuidados são necessários, pois existem agentes contaminantes comumente encontrados nas águas pluviais, principalmente no que se refere a elementos presentes nos telhados ou mesmo devido às condições inadequadas de acondicionamento dessas águas.

Segundo o Curso de Gerenciamento e Reúso da Água – (CENED, 2009), o sistema hidráulico de utilização de águas pluviais deve ser independente e identificado, torneiras de água não potável devem ser de acesso restrito. Equipes devem ser capacitadas e devem ser previstos reservatórios específicos para garantia de bons resultados. Recomenda-se a participação de um profissional especialista na avaliação do uso de fontes alternativas de água, além da implantação de um sistema de gestão de água para monitoramento permanente.

Segundo o manual da ANA/FIESP & SindusCon (2005), para usos não potáveis comumente utilizados em residências, podem ser empregados sistemas de tratamento com unidade de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção, seja com cloro ou radiação ultravioleta. Caso haja necessidade de se alcançar uma maior qualidade da água, devido a sua destinação específica, devem ser utilizados sistemas mais complexos de tratamento.

A qualidade da água varia conforme o uso. Quanto mais nobres os usos, maiores as necessidades de tratamento dessas águas. Group Raindrops (2002) separa em quatro grupos distintos uso da água e especifica a necessidade de tratamento cada um deles, conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2 – Usos da água X Tratamento requerido

USO REQUERIDO PELA ÁGUA	TRATAMENTO NECESSÁRIO
Irrigação de jardins;	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndios e condicionamento de ar;	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição de uso;
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e lavação de carros;	Tratamento higiênico, porque o corpo humano pode entrar em contato com a água;
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos;	Desinfecção, porque a água é consumida direta ou indiretamente;

Fonte: (GROUP RAINDROPS, 2002)

Para se obter uma qualidade da água relativamente alta é necessário que estas sejam coletadas em locais onde pessoas e animais não consigam se aproximar, removendo-se o lixo e a poeira existentes. (GROUP RAINDROPS, 2002). A tabela 3 apresenta os graus de limpeza da água em função da região de coleta e quais os usos apropriados para cada um deles.

Tabela 3 – Variação da qualidade da água devido ao sistema de coleta

Grau de Limpeza	Regiões de Coleta da água da chuva	Usos da água da chuva
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas nem por animais)	Lavar banheiros, regar plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Lavar banheiros, regar plantas não pode ser usada para beber.
C	Pisos e estacionamentos	(necessita de tratamento)
D	Estradas, Vias Férreas e Elevadas	(necessita de tratamento)

Fonte: (GROUP RAINDROPS, 2002)

O sistema de aproveitamento ilustrado na figura 2.5 é composto de dispositivo de captação de águas pluviais por calha localizada na cobertura do imóvel, seguindo para uma filtração onde são removidas folhas, papéis e outros resíduos granulados. Esse tipo de filtragem é factível para utilização da água em atividades que não requerem alto grau de pureza, tais como lavagem de pisos e rega de jardins.



Figura 2.5 – Corte esquemático de um sistema de captação e reservação de águas pluviais.

Fonte: (3P TECHNIK DO BRASIL, 2011)

Diante desse quadro preocupante de degradação, agravado em grande parte pela má utilização dos recursos hídricos, o risco de escassez passou a representar o grande temor desse século para todas as regiões do Brasil e do mundo. Assim, as fontes alternativas de abastecimento, em especial à de água de chuva, cuja utilização possui registros históricos datados de milhares de anos antes de Cristo, vêm ganhando um grande destaque no cenário mundial, principalmente no que se refere ao aproveitamento de água para fins menos nobres.

Atualmente no mercado já são comercializados vários tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva, no entanto a maioria deles não possui automação completa, ou seja, existem algumas etapas do processo que ainda não são automatizadas. Dos sistemas comerciais existentes, os dispositivos da empresa alemã Wisy, comercializados no Brasil pela distribuidora Aquastock, são os mais completos, garantindo a automação da maioria das etapas do processo, inclusive a filtragem com diferentes tipos de filtro.

A proposta deste trabalho é demonstrar que é possível montar um sistema de aproveitamento de água de chuva simples em que os processos envolvidos sejam totalmente automatizados, empregando dispositivos de detecção e controle, provando que a automação pode contribuir para a sustentabilidade ao efetuar controles programáveis em sistemas de aproveitamento de água de chuva, garantindo a segurança e a qualidade dos processos.

No capítulo a seguir, são apresentados os métodos e ferramentas utilizados para a implementação do sistema proposto, as disciplinas e experiências adquiridas que contribuíram para na sua elaboração, bem como as razões que levaram a escolha de cada um deles.

CAPÍTULO 3 – FERRAMENTAS E MÉTODOS UTILIZADOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Diante dos problemas apresentados, torna-se evidente a necessidade de se adotar medidas que propiciem o melhor aproveitamento das fontes disponíveis de água, desenvolvendo-se sistemas de reaproveitamento que otimizem o uso, eliminando perdas e desperdícios.

Para a implementação deste projeto é necessário a utilização de microcontrolador para efetuar o controle do sistema, bem como a utilização das ferramentas necessárias para a elaboração e a compilação do programa, e ainda a construção do circuito em ambiente gráfico e a simulação do sistema.

3.1 – Programação com Microcontroladores

O mercado da eletrônica tem passado por muitas mudanças. A capacidade de integração eletrônica do momento tecnológico atual tem como principal ponto a presença de sistemas inteligentes. O barateamento da eletrônica integrada viabilizou a implementação de processadores e memória nos mais diversos equipamentos.

Encontra-se neste contexto a recente história da propagação direcionada para utilização em microcontroladores, que não é mais restrita a poucos profissionais como em outrora. Atualmente, os desenvolvedores de sistemas para microcontroladores mais capacitados devem deter conhecimentos desde registradores internos a noções de eletrônica.

Houve crescimento e expansão no mercado para empresas que apostaram na ênfase em elaboração de softwares em Assembly para seus microcontroladores. Contudo, a maioria de ferramentas de programação eram proprietárias, sendo difícil encontrar ferramentas gratuitas para tais tarefas. Uma alternativa para as empresas foi desenvolver seus ambientes de programação.

Pode-se citar os microcontroladores da Microchip, que ainda com altos custos de aquisição, tinham à disponibilização de ferramentas de desenvolvimento integrado próprios para seu chip. Noutros casos, observou-se o desenvolvimento de chips com baixo custo e alto desempenho, porém, enfrentou em certos momentos a carência de encontrar ferramentas de programação compatíveis, principalmente para os modelos 8051.

Com a crescente evolução, outros fatores impactaram positivamente no mercado de

microcontroladores, como o avanço dos softwares livres (código aberto). Um grande marco, pode ser atribuído aos ambientes de desenvolvimento integrado capazes de realizar integrações com outros sistemas de microcontroladores. Pequenas ações como adição de plugins já possibilitavam a integração, e consolidavam a evolução definitiva do desenvolvimento de softwares para microcontroladores.

Para complementar a tendência de desenvolvimento e de ambientes integrados, há a participação dos Kits de Desenvolvimento. Essa ótima ferramenta permitia o desenvolvimento de softwares microcontrolados (exemplo: kit CW552).

Essas ferramentas incluem placas controladoras, o próprio microcontrolador, portas de expansão e displays de LCD. Aqui são exigidos cada vez mais a formação de profissionais qualificados que vão operar o desenvolvimento dos softwares bem como o manuseio da eletrônica.

3.2 – Ferramentas de Hardware e Software utilizadas na Implementação do Sistema

3.2.1 – Kit de desenvolvimento CW 552

O Kit didático CW 552 foi desenvolvido pela Empresa Controlware automação e é baseado no microcontrolador Phillips 80C552, que tem como vantagem a implementação já embarcada de PWM. O kit é uma ferramenta de desenvolvimento simples e completa composto por:

- 1 Microcontrolador 80C552;
- Memória EPROM (32K) externa;
- SRAM (32 k) também externa;
- Display LCD de duas linhas de 40 caracteres (2x40);
- Fonte de alimentação 5V;
- Interface serial RS-232 para carregamento de programas do usuário ligada a um micro PC.

O diagrama de blocos deste kit pode ser visualizado na figura 3.1

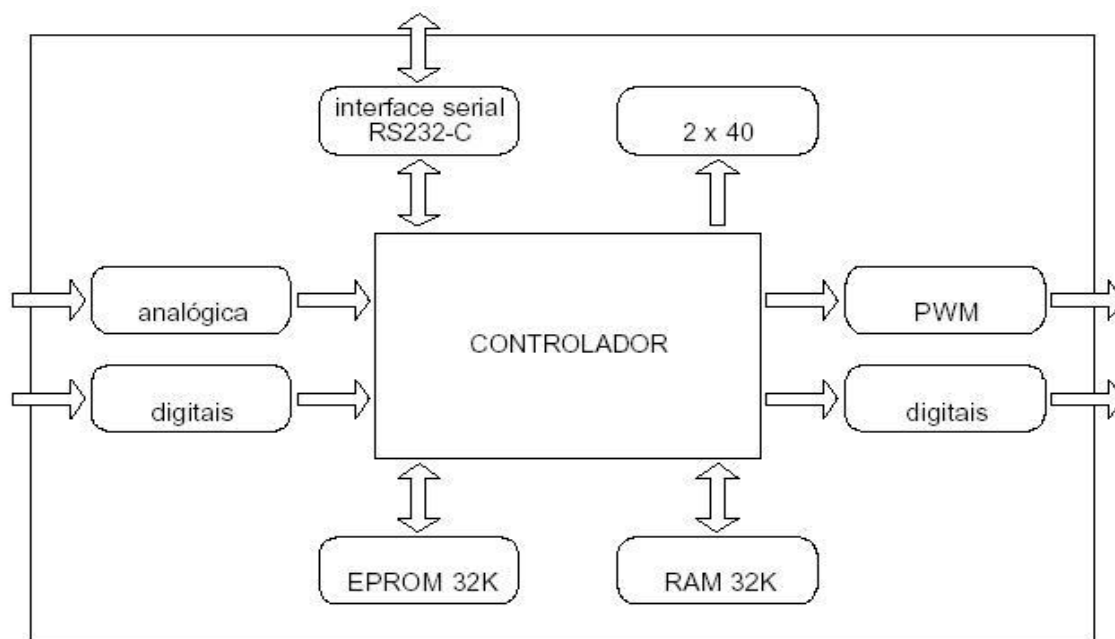


Figura 3.1 – Diagrama de blocos básicos do Kit CW 552.

Fonte: (CONTROLWARE - Manual do usuário KIT CW552)

O kit é uma excelente ferramenta didática para estudantes de informática, eletrônica e cursos superiores e foi escolhido para efetuar o controle deste sistema por ser adotado pelo UniCEUB nas experiências práticas realizadas na disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores, facilitando assim o acesso à ferramenta e visando também a utilização de conceitos e práticas adquiridos nessa disciplina. A figura 3.2 detalha visualmente todos os componentes do kit.



Figura 3.2 – Microcontrolador acoplado ao Kit CW 552

3.2.2 – Microcontrolador 8051

A família de microcontroladores 8051 tem características de robustez e flexibilidade para o uso de aplicações de controle industrial e periféricos inteligentes, conforme Leal (2001). Tais características do hardware, associados a sua arquitetura e novas instruções torna-o de alta performance contribuindo para o alcance de uma boa relação custo-benefício, no que se refere a aplicações que requerem até 64 Kbytes de memória de programa e 64 Kbytes de memória de dados.

As três versões (pino compatíveis) desse componente, o 8031, 8051 e 8071, facilitam o desenvolvimento ao diminuir a existência de problemas, sem contar com sua excelente flexibilidade.

Marinho & Marinho (2001) informa que os barramentos de dados e endereços são compartilhados entre memórias de programa e memórias de dados na comunicação com a CPU. A família 8051 baseia-se na arquitetura de Von Neumann, assim, quando a CPU está acessando a memória de programa não pode acessar a memória de dados. Isto decorre da utilização dos mesmos barramentos para as duas memórias.

Pode-se chamar essa arquitetura também de Complex Instruction Set Computer – CISC ou “Computador com Conjunto Complexo de Instruções”.

Um aspecto positivo do conjunto volumoso de instruções contidas em um microcontrolador é no sentido de que se pode ter muitas instruções para execução de várias tarefas. Contudo, pode não ser tão vantajoso quando o conjunto de instruções passa a ser grande demais a ponto de afetar diretamente o desempenho do microcontrolador, ressaltando a existência de aplicações que funcionam em tempo real.

Além da arquitetura de Von Neumann, pode-se citar, em contraposição, os microcontroladores com a arquitetura de Harvard, que também é conhecida por: Reduced Instruction Set Computer – RISC ou “Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções”. Vale mencionar que, apesar de projetado para tarefas dedicadas, o acesso de memórias de dados e de programas podem ser feitos simultaneamente.

Zelenovsky & Mendonça (2005), relatam que a família 8051 é composta por uma grande quantidade de microcontroladores de diversos Fabricantes. No entanto, todos eles são compatíveis com o núcleo básico e executam o mesmo conjunto de instruções, apesar das diferentes características de cada um. A figura 3.3 apresenta o diagrama em blocos do núcleo básico do 8051.

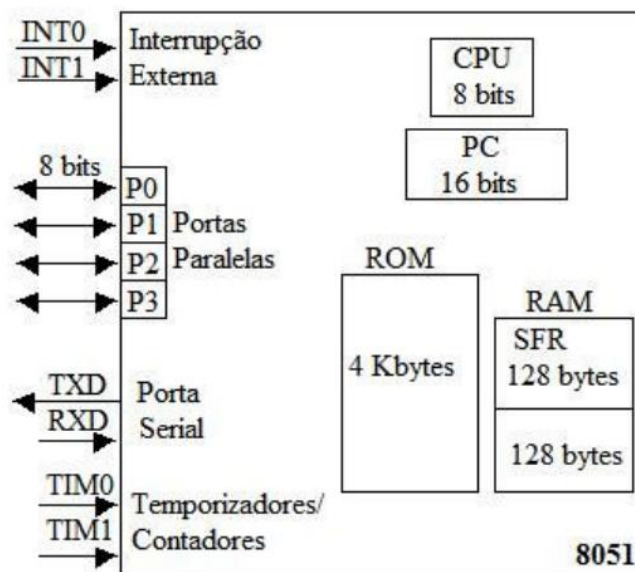


Figura 3.3 – O núcleo básico 8051.

Fonte: (CORRADI, 2011)

Os elementos da família 8051, dependendo do dispositivo em questão, podem trazer integrados em um único chip os seguintes circuitos:

- CPU de 8 bits
- Memória RAM interna de 256 bytes
- portas paralelas
- timers de 16 bits
- 15 interrupções com 2 níveis
- Conversor analógico-digital de 8 bits
- Duplo conversor digital-analógico
- 1 UART
- 1 interface i2C
- Watchdog timer

Segundo Zelenovsky & Mendonça (2005), o microcontrolador 8051 dispõem de quatro portas paralelas, denominadas portas P0, P1, P2 e P3, onde cada bit destas portas está associado a um pino do microcontrolador. Ainda segundo o autor, essas portas podem ser configuradas para trabalhar como entrada ou saída e cada bit pode ser acessado

individualmente. Pode-se observar na figura 3.4 o encapsulamento de 40 pinos do 80C51 compatível com a pinagem do 80C552 utilizado neste projeto.

Para a geração de pulsos com duração precisa ou para a medição de intervalos de tempo em sinais digitais, existem dois contadores e temporizadores de 16 bits, denominados de "Timers". O bloco denominado "Controlador de Interrupções" trabalha com cinco interrupções. Duas dessas interrupções podem ser solicitadas externamente através dos pinos INT0 e INT1, sendo que outras duas interrupções podem ser provocadas pelos contadores e temporizadores. A quinta interrupção é gerada pela porta serial. Esta arquitetura especifica uma porta serial capaz de atender aos requisitos mais usuais de comunicação, por isso a quantidade de bits e a velocidade é programável, e a porta serial gera uma interrupção tanto na transmissão quanto na recepção de um byte. (ZELENOVSKY & MENDONÇA, 2005)

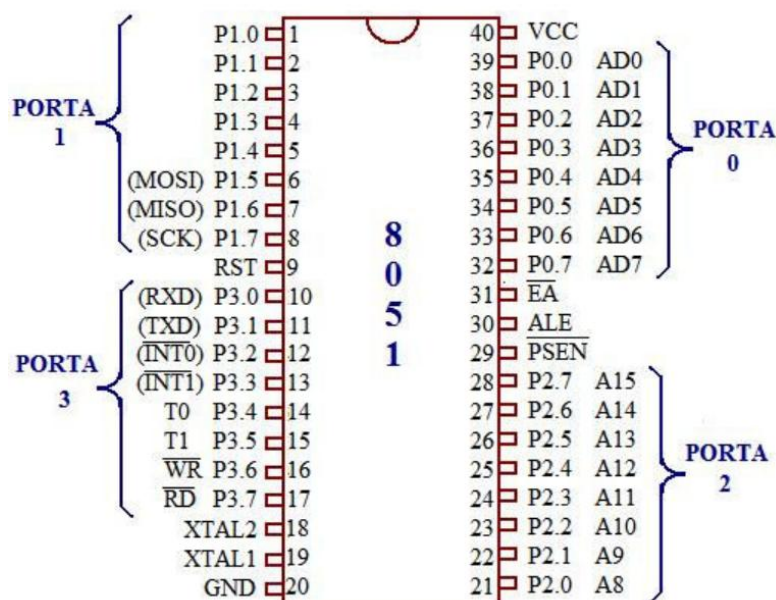


Figura 3.4 – Pinagem do microcontrolador 80C51.

Fonte: (CORRADI, 2011)

3.2.2.1 – Microcontrolador 80C552

Para o desenvolvimento deste projeto é utilizado o microcontrolador 80C552 (com núcleo MCS-51) que se encontra inserido na placa de controle do kit CW 552 utilizado para controle do sistema. O microcontrolador 80C552 tem a arquitetura básica do bem difundido 80C51 da INTEL, acrescido de 8 canais conversores A/D de 10 bits, duas saídas PWM com resolução de 8 bits, Watchdog, interfaces seriais UART e i²C. Este membro da família 8051

tem amplo uso em aplicações de tempo real, tipicamente instrumentação, controle industrial e controle de processos. Suas principais características são:

- Não possui memória ROM interna
- Memória RAM interna de 256 bytes
- portas paralelas
- timers de 16 bits
- 15 interrupções com 2 níveis
- Conversor analógico-digital de 8 bits
- Duplo conversor digital-analógico
- 1 UART
- 1 interface i²C
- Watchdog timer

3.2.3 – Linguagem C

Segundo Sá (2005), C é uma linguagem de programação profissional e é aceita para criação de sistemas operacionais como o Windows, o Linux, o Unix, etc. Ela foi criada para ser tão pequena quanto possível. Seu conjunto de comandos é bastante reduzido, mas, apesar disso, a linguagem é extremamente flexível e poderosa. A filosofia de C é que desenvolvedor “sabe” exatamente o que quer e a maneira correta de instruir a linguagem e a máquina para alcançar esses objetivos.

Sua sintaxe é sucinta e não restringe as maneiras como um resultado pode ser alcançado, permitindo ao desenvolvedor fazer praticamente o que quiser para alcançar esses resultados, com geração mínima de código e uso de memória, o que a torna uma linguagem muito mais rápida. (SÁ, 2005)

3.2.3.1 – Vantagens e desvantagens

As razões para a popularidade da linguagem C em aplicações embutidas são bem conhecidas: o acesso fácil ao hardware, os baixos requisitos de memória e elevado desempenho dos atuais compiladores facilitam o rápido desenvolvimento de aplicações eficientes e de fácil manutenção. (SOUZA, 2003).

Vale mencionar que, comparando-se com as demais linguagens, a linguagem C apresenta a curva de aprendizado mais elevada, nos dizeres de Sá (2005), que possibilita a aplicação de forma extremamente rápida. Além disso, possui programação de forma estruturada, código enxuto, possibilidade de modularização e de escrever código quase de forma coloquial. Esses fatores corroboram para a geração de muita velocidade no produto final e uma grande economia de memória.

Ainda segundo Souza (2003), igualmente bem conhecidas são as desvantagens da linguagem: sintaxe demasiadamente livre e propensa a erros difíceis de detectar e demasiados pontos onde a norma ISO não define o comportamento da linguagem ou remete para a implementação de cada compilador.

Outrossim, a linguagem C é bastante utilizada no ambiente acadêmico, sendo a linguagem mais utilizada no âmbito do curso de Engenharia da Computação, razão pela qual, além das vantagens já citadas, escolheu-se para o desenvolvimento desse trabalho. Além disso, há também o intuito de fazer valer os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Engenharia de Programação, Linguagens e Técnicas de Programação.

3.2.4 – IDE Eclipse

As denominadas IDEs, “ambientes de desenvolvimento integrado” (Integrate Development Environment), são plataformas de desenvolvimento de software composta por editor, compilador, linker, depurador, integração com outros software, entre outras ferramentas.

O Eclipse é uma IDE conhecida pela sua característica “open source”, ou seja, de uso livre. Vale mencionar também como característica relevante a sua boa capacidade de trabalhar com outras linguagens de programação tais como Java, C, C++ e também suas aplicações, com possibilidade também de trabalhar com linguagens de quarta geração (SQL) utilizando-se do plugin QuantumDB.

Ainda, o Eclipse é um Framework que busca integrar diferentes tipos de aplicações. Pode-se citar o CDT – C/C++ Development Tooling, além do JDT – Java Development Tooling, oriundo do próprio Eclipse. (ECLIPSE FOUNDATION – COPYRIGHT © 2011)

No caso dos Microcontroladores 8051, objeto desse trabalho, tem-se como meta utilizar as aplicações CDT associado à linguagem C.

Ressalta-se aqui a característica de plugins dessas ferramentas corroborando para, de forma automática, promover a integração da plataforma. No caso do CDT, busca-se prover o conjunto de plugins com vistas a implementar uma IDE de C/C++.

Dotado de arquitetura extensível, O CDT dá suporte a integração de ferramentas criadores e distribuidores de software independente. Vale lembrar que o usuário assume a perspectiva, ou seja, a configuração e ajuste no Eclipse para utilizar a linguagem de programação desejada, que como já mencionado, neste trabalho é utilizada a perspectiva para C/C++ por se tratar de código desenvolvido em linguagem C.

Portanto, a partir da perspectiva escolhida toda a área de trabalho foi ajustada com interface visual e barras de ferramentas específicas para esta perspectiva. A interface de programação com a janela de escolha da perspectiva pode ser visualizada na figura 3.5.



Figura 3.5 – Eclipse com perspectiva para C/C++.

Fonte: (NASCIMENTO, E. B., 2009)

Nesse contexto, a ferramenta de desenvolvimento Eclipse foi escolhida também por tratar-se de um software de código aberto disponível no site oficial da Eclipse Foundation - Copyright © 2011, além de, como já mencionado, ser uma poderosa ferramenta de desenvolvimento com portabilidade para outras linguagens e com a possibilidade de trabalhar integrada com o compilador SDCC também escolhido no desenvolvimento desse sistema.

A versão do Eclipse utilizada foi a Europa fall por tratar-se de uma versão completa e por possuir muitos tutoriais disponíveis para orientação quanto a instalação e utilização da ferramenta.

3.2.5 – Small Device C compiler – SDCC

De acordo com Nicolosi e Bronzeri (2009), o SDCC é um compilador de domínio público, voltado à programação de microcontroladores que trabalhem com palavras de 8 bits. Traduz o código criado em C para uma linguagem de montagem suportada pelo processador e fornecida pelo fabricante.

É um otimizador do compilador ANSI – C que suporta trabalhar com Microcontroladores Intel 8051, Maxim 80DS390, Zilog Z80, Atmel AT89S8252 e Motorola 68HC08, ambos baseados em MCU's (Microcontroladores de consumo ultra baixo). Como no Eclipse, também é um projeto open source, distribuído sob a Licença Geral Publica (GPL – General Public License) da GNU.

Vale lembrar que o uso de plugins permite integrá-lo ao Eclipse e compilar software escritos no mesmo. Além disso, utilizando do seu analisador sintático (parser), segundo Roza; Brum & Silva (2001), há possibilidade de manipular extensões de linguagem para outros tipos de microprocessadores.

Ainda, o SDCC possui ainda eliminação interna de sub-expressões, além de permitir a implementação de copy-propagation, (substituição das ocorrências de metas de trabalhos diretos com seus valores).

Outro ponto digno de menção é que o SDCC também possui otimização de loop e eliminação de código morto. O back-end, por sua vez, faz uso de alocação global de registradores, inclusive e desde que configurado, para outros processadores de 8 bits. Cita-se Roza; Brum & Silva (2001) mais uma vez, para informar que o otimizador trabalha com regra baseada em um mecanismo de substituição de registradores. O funcionamento da otimização ocorre durante o processo de compilação, sendo independente do tipo de microprocessador para qual se deseja gerar o código.

3.2.6 – PROTEUS ISIS Professional

Proteus é uma suíte que agrega o ambiente de simulação de circuitos eletrônicos ISIS e o programa para desenho de circuito impresso Ares profissional.

O Proteus é um software para simulação de microprocessadores, captura esquemática, e placa de circuito impresso (PCB design). É desenvolvido pela empresa inglesa Labcenter Electronics. O XGameStation Micro Edition foi desenvolvido usando entradas esquemática do Proteus Labcenter e ferramentas de layout de PCB.

O software de desenho e simulação Proteus VSM é uma ferramenta útil para estudantes e profissionais que desejam acelerar e melhorar suas habilidades para o desenvolvimento de aplicações analógicas e digitais. Ele permite o desenho de circuitos empregando um entorno gráfico no qual é possível colocar os símbolos representativos dos componentes e realizar a simulação de seu funcionamento sem o risco de ocasionar danos aos circuitos. A simulação pode incluir instrumentos de medição e a inclusão de gráficos que representam os sinais obtidos na simulação. O que mais interesse despertou é a capacidade de simular adequadamente o funcionamento dos microcontroladores mais populares (PICS, ATMEL-AVR, Motorola, 8051, etc.). Também tem a capacidade de passar o desenho a um programa integrado chamado ARES no qual se pode levar a cabo o desenvolvimento de placas de circuitos impressos.



3.3 – Componentes Eletrônicos

3.3.1 – Porta Lógica AND

Portas lógicas AND são dispositivos que operam um ou mais sinais lógicos de entrada para produzir uma e somente uma saída, dependente da função implementada no circuito. São geralmente usadas em circuitos eletrônicos, por causa das situações que os sinais deste tipo de circuito podem apresentar: presença de sinal, ou "1"; e ausência de sinal, ou "0". Este dispositivo foi utilizado para produzir uma saída em nível lógico baixo no pino de interrupção, que no caso do microcontrolador 8051, só é gerada por borda de descida, ou seja, do nível "1" para o "0". Na figura 3.6 visualiza-se o símbolo e a tabela verdade gerada na porta AND. (WIKIPEDIA FOUNDATION, 2011).


		
ENTRADA		SAÍDA
A	B	A . B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figura 3.6 – Tabela verdade e símbolo da porta AND

3.3.2 – Transistor TIP 122

Transistores são utilizados principalmente como amplificadores e interruptores de sinais elétricos. O processo de transferência de resistência, no caso de um circuito analógico, significa que a impedância característica do componente varia para cima ou para baixo da polarização pré-estabelecida. Graças a esta função, a corrente elétrica que passa entre coletor e emissor do transistor varia dentro de determinados parâmetros pré-estabelecidos pelo projetista do circuito eletrônico. Esta variação é feita através da variação de corrente no terminal chamado base, o que, conseqüentemente, ocasiona o processo de amplificação de sinal. (WIKIPEDIA FOUNDATION, 2011).

O transistor TIP 122 é um transistor de potência e alto ganho. Trata-se de um transistor do tipo NPN . Ele recebe um sinal muito fraco na entrada (base) e transforma-o em um sinal potente na saída (coletor ou emissor). Internamente o TIP 122 é formado por dois transistores, numa estrutura conhecida por acoplamento Darlington. A seguir pode-se observar na figura 3.7 o símbolo do transistor NPN e a correspondência da pinagem do TIP 122.

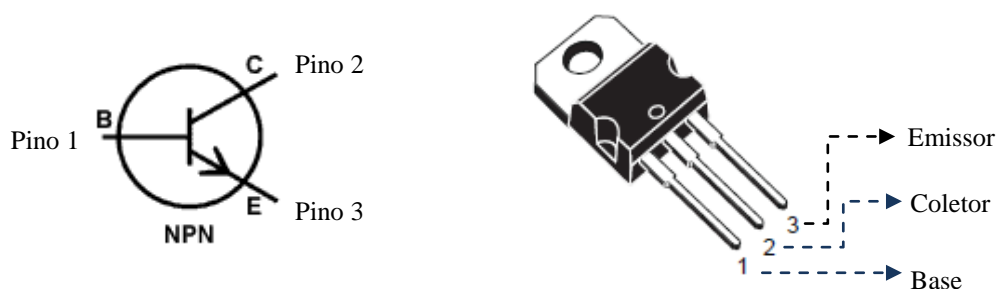


Figura 3.7 – Símbolo e identificação dos pinos do TIP 122

Fonte: (WIKIPEDIA, 2011 e Datasheet do transistor TIP 122 - adaptado)

3.3.3 – Optoacoplador

Optoacoplador é um dispositivo de transmissão e recepção que atua como um interruptor animado pela luz emitida por um LED componente que satura optoeletrônicos , geralmente como um fototransistor ou fototriac. Isto é combinado em um único dispositivo semiconductor, um emissor e um fotorreceptor que é a conexão óptica entre os dois. (WIKIPEDIA FOUNDATION, 2011).

Geralmente conectado a um Triac ele assegura que, mesmo em caso de uma grande descarga elétrica o circuito eletrônico lógico continue operando o que limita o estrago a alguns poucos componentes. Em diversas aplicações o terra da entrada não é o mesmo terra da saída. Daí a necessidade de uso de optoacopladores. Na figura 3.8 pode-se observar o esquema com a pinagem de um optoacoplador bem simples, onde verifica-se a presença do diodo emissor de luz (pinos 2 e 3) e do fototransistor (entre pinos 8 e 5). Neste caso, por exemplo, o circuito de entrada teve o terra (GND) ligado no pino 3 do circuito integrado e no circuito de saída, o terra (Neutro) está ligado no pino 5, mantendo isolamento total.

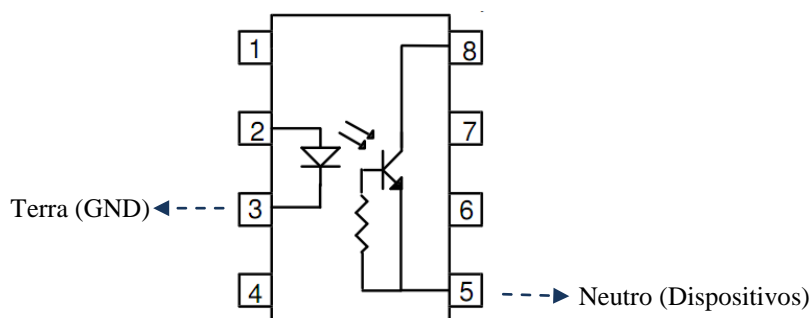


Figura 3.8 – Circuito integrado contendo optoacoplador

Fonte: (ELETRONICA BASICA, 2010)

Neste projeto, optou-se pelo optoacoplador 4N25, conforme visualizado no esquema da figura 3.9.

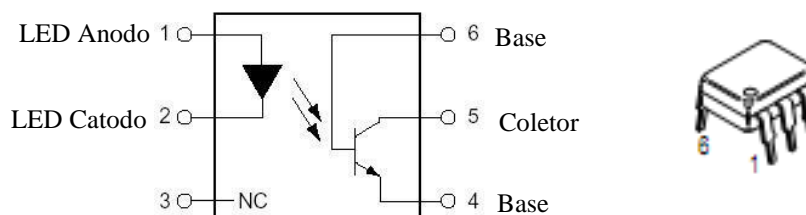


Figura 3.9 – Esquema dos pinos do optoacoplador 4N25

Fonte: (MOTOROLA Datasheet, 1995)

3.3.4 – Relé e Diodo de Proteção (Carga Indutiva)

Os relés são dispositivos comutadores eletromecânicos. Nas proximidades de um eletroímã é instalada uma armadura móvel que tem por finalidade abrir ou fechar um jogo de contatos. Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica é criado um campo magnético que atua sobre a armadura, atraindo-a. Nesta atração ocorre um movimento que ativa os contatos, os quais podem ser abertos, fechados ou comutados, dependendo de sua posição. Na comutação de cargas indutivas é conveniente agregar-se ao circuito elementos de proteção, tais como diodos, resistores e capacitores. Na figura 3.10 pode ser visualizado o circuito com um diodo em paralelo com a carga indutiva do relé de modo a evitar o retorno de altas tensões nos contatos no momento do acionamento dos relés.



Figura 3.10 – Circuito com diodo de proteção

Fonte: (GeoCities, 2011)

3.4 – Pesquisa e Escolha dos Dispositivos e Materiais Utilizados

Foram utilizados alguns dispositivos próprios para instalação de aquário e outros específicos de instalações hidráulicas, adquiridos em lojas especializadas. A opção por tais dispositivos deve-se às dimensões reduzidas do protótipo a ser construído. A seguir são apresentados os dispositivos escolhidos e suas especificações. Primeiramente, na figura 3.11 verifica-se a bomba de aquário.

- 01 MOTO BOMBA submersa Sarlo Better utilizada como bomba de recalque:
 - Modelo Mini C 220V
 - vazão de 60 a 170 l/h.
 - Coluna d'água 0,55m



Figura 3.11 – Imagem da moto bomba

Fonte: (SARLO BETTER, 2011)

Na sequência, seguem-se as figuras 3.12 , 3.13 e 3.14 que apresentam, respectivamente, as imagens dos sensores de nível, da válvula solenóide e da bóia de filtro também utilizados.

- 02 Sensores de Nível para controle automático do nível dos reservatórios:
 - modelo LC26M-40
 - 220 V



Figura 3.12 – Imagem dos sensores

Fonte: (ICOS, 2010)

- 02 VÁLVULAS SOLENÓIDES simples da marca EMICOL Eletro Eletrônica S.A.
 - Modelo EVA 10
 - Entrada de água - reta
 - 1 entrada (rosqueável 3/4") e 1 saída (conexão para mangueira 1/2")
 - Tensão: 220 VCA/ 50-60Hz (bobina preta)



Figura 3.13 – Imagem da válvula solenóide

- 02 Bóias para filtro por gravidade



Figura 3.14 – Imagem da bóia

Fonte: (STÉFANI, 2011)

Para complementar as ligações foram utilizadas tubulações e conexões conforme especificações apresentadas abaixo e que podem ser visualizadas nas figuras 3.15 e 3.16.

- Tubos e Conexões
 - Mangueiras 1/2" transparente / Mangueira sifonada (usada em nebulizadores)
 - Tubo de 1/2" para a confecção da calha e 02 capes de fechamento
 - 02 Conexão em T de 3/4" rosqueável
 - 03 Luvas de redução de 3/4" para 1/2" e 02 adaptadores para bico de mangueira de 1/2" (rosqueáveis) e 03 Bicos para mangueira de 1/2".



Figura 3.15 – Mangueira transparente 1/2" e mangueira sifonada



Figura 3.16 – Calha e conexões utilizadas

O bomba escolhida é o modelo mais compacto encontrado no mercado, além de possuir potência suficiente para efetuar o recalque de água para o reservatório superior.

A opção pelos sensores também levou em consideração as dimensões do protótipo e a sua funcionalidade.

Quanto às válvulas, apesar de encontrar uma infinidade de modelos com dimensões e funcionalidade apropriadas nas pesquisas realizadas na internet, foi muito difícil encontrar tais modelos nas lojas especializadas. Diante disso, restaram poucas opções adequadas às dimensões do projeto.

Para a implantação do sistema proposto foi utilizado todo o conhecimento relacionado às instalações hidráulicas adquirido ao longo dos 5 anos de trabalhos prestados à Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, junto ao setor de fiscalização e orientação das instalações hidrossanitárias. Neste contexto foram levados em consideração alguns aspectos fundamentais para o gerenciamento de tais sistemas, como estanqueidade, inexistência de interconexões entre os sistemas de abastecimento, dentre outros.

Munidos com os recursos explicitados, ressaltando a necessidade de compactar espaço aliando eficiência das funções de cada material/dispositivo escolhido, o projeto encontra-se em condições de implementação, cuja descrição será realizada no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO

4.1 – O Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva Proposto

O sistema implementado neste projeto compreende três dos processos básicos de um sistema de aproveitamento de água pluvial: a captação, o armazenamento e a distribuição da água, conforme demonstrado no esquema da figura 4.1.

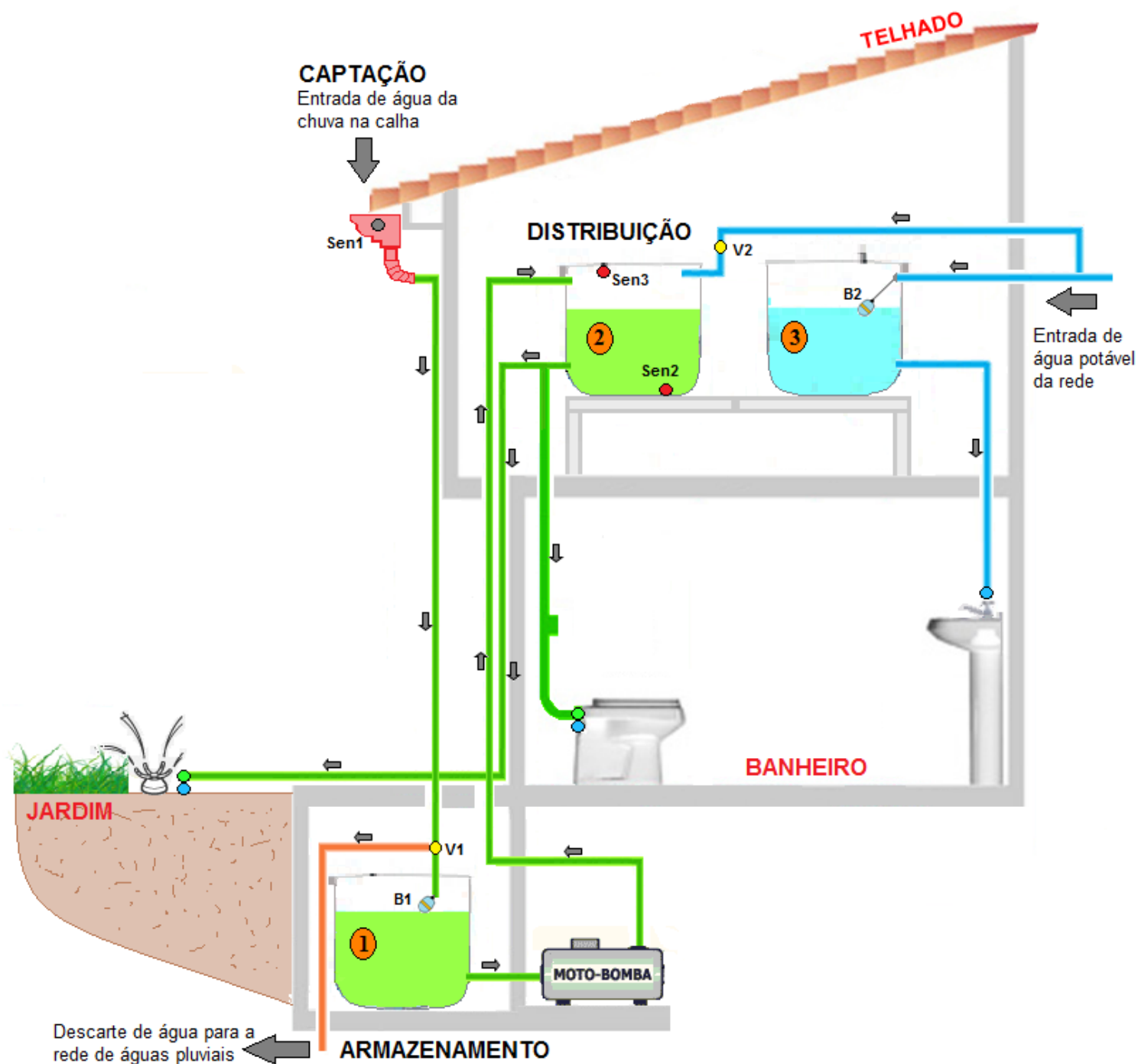


Figura 4.1 – Corte Esquemático do Sistema de Aproveitamento Proposto

LEGENDA

• Reservatórios

- ① Reservatório 1 (INFERIOR) – Água de chuva**
- ② Reservatório 2 (SUPERIOR) – Água de chuva**
- ③ Reservatório 3 (SUPERIOR) – Água potável**

• Sensores

Sen1 – Sensor de Chuva

Sen2 – Sensor de nível Baixo


Sen3 – Sensor de nível Alto

B1 / B2 – Bóias de nível;

V1 / V2 – Válvulas solenóide para fechamento do fluxo;

 Água potável

 Água de chuva que será descartada

 Água de aproveitamento de chuva

No esquema apresentado, estão evidenciados os três processos compreendidos neste projeto, identificando e enumerando os dispositivos utilizados de acordo com a legenda.

O sistema inicia-se com o processo de captação. Nessa etapa, a água da chuva é captada por meio de uma calha e conduzida por gravidade, através de um coletor, ao reservatório inferior ou cisterna (Reservatório 1).

O reservatório 1, na parte inferior, é destinado a armazenagem da água de chuva captada do telhado e por meio de uma bomba eleva essa água ao reservatório 2, na parte superior, de onde é distribuída para os pontos de utilização. Essa água aproveitada da chuva é utilizada para descarga no vaso sanitário e para rega de jardim.

O reservatório 3, também na parte superior, representa o sistema convencional de abastecimento de água potável, portanto, não possui nenhum ponto de interligação com o sistema de aproveitamento de água de chuva, de modo a garantir a potabilidade da água evitando qualquer tipo de contaminação. Este reservatório abastece a pia do banheiro, representando todos os pontos de abastecimento exclusivos de água potável.

Para a elaboração deste sistema foi confeccionada uma maquete em madeira, conforme mostrado na figura 4.2. Esta maquete representa uma residência, composta por um banheiro e três reservatórios. Os reservatórios foram confeccionados em acrílico.

A etapa de utilização, demonstrando os pontos específicos de consumo, bem como os controles programados para cada um deles não está contemplada neste projeto, conforme especificado no escopo deste trabalho.

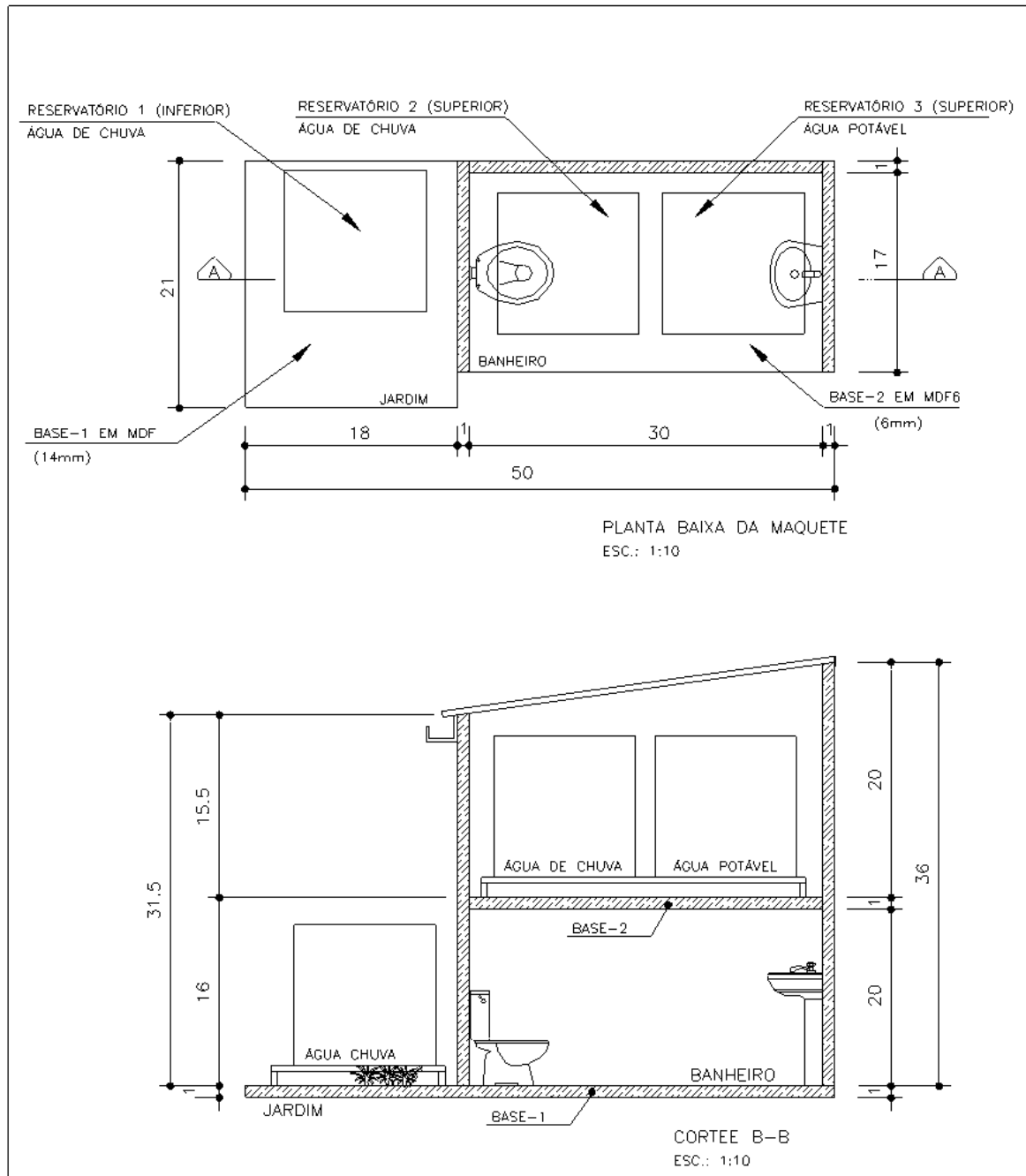


Figura 4.2 – Planta baixa e corte da Maquete

4.2 – Funcionamento dos Processos

4.2.1 – Captação e Armazenamento

Os processos de captação e armazenamento estão diretamente ligados e funcionam da seguinte forma:

O sistema inicia-se com a válvula solenóide (V1) localizada na entrada do reservatório inferior (Reservatório 1) fechada, assim, a água será direcionada primeiramente para o descarte na tubulação de águas pluviais.

Quando começa a chuva, a água captada do telhado é encaminhada à calha, onde se encontra localizado o sensor de chuva (sen1) que então detecta a presença de água e ativa o sistema. Ao ser ativado, inicia-se uma contagem de 10 segundos para o descarte das primeiras chuvas, possibilitando assim a lavagem dos telhados. Este tempo foi estipulado levando-se em consideração a simulação que será feita para a banca examinadora sem considerar o tempo necessário para o descarte em um sistema nas condições reais. Finalizado esse período, a válvula (V1) na entrada do reservatório inferior (Reservatório 1) é aberta, direcionando a água para a armazenagem.

A água captada é encaminhada ao reservatório inferior e inicia-se novamente uma contagem de 10 segundos para o acionamento da bomba. Este tempo foi calculado para garantir que a bomba trabalhe sempre afogada. O artifício de contagem de tempo para o acionamento da bomba foi utilizado apenas para simplificar o projeto, pois em condições reais seria necessário a instalação de um sistema de sensores que detectasse se o nível de água no reservatório é suficiente para o acionamento da bomba, ou mesmo se o nível está muito baixo, para proceder o desligamento da bomba.

Na entrada desse reservatório foi instalada uma bóia mecânica que controla o nível máximo e efetua o fechamento do fluxo quando o reservatório inferior estiver cheio, efetuando o descarte da água da chuva para a rede de águas pluviais. Como não foi colocado nenhum sensor de nível no reservatório inferior, o controle de acionamento da bomba e de abertura da válvula (V1) foram programados em função do reservatório superior (Reservatório 2). Assim, quando este reservatório estiver cheio efetua-se o desligamento da bomba e o fechamento da válvula (V1).

Posteriormente, essa água é bombeada para o reservatório superior de água de chuva (Reservatório 2), de onde é distribuída para o ponto de utilização determinado.

4.2.2 – Distribuição:

No reservatório de distribuição (Reservatório 2) existem dois sensores (Sen2 / Sen3) que detectam, respectivamente, o nível mínimo e o nível máximo de água que determinam se o reservatório está vazio ou cheio. Ao detectar que este reservatório está cheio a bomba é desligada e efetua-se o religamento somente quando o sensor (Sen3) não estiver mais acionado. Nos períodos de seca, quando o reservatório estiver vazio, a válvula (V2) é aberta e este reservatório será abastecido por água potável, proveniente da rede pública de abastecimento. Esse abastecimento somente será interrompido quando o sensor de chuva (Sen1) for acionado ou quando este reservatório estiver cheio (Sen3 acionado).

A água armazenada é utilizada imediatamente após a captação, o que garante que a economia seja mais efetiva, além de promover a liberação de espaço para armazenagem.

4.3 – Etapas da Implementação

Para o desenvolvimento deste projeto, primeiramente, foram definidas as etapas necessárias para a sua implementação e as ferramentas utilizadas em cada uma delas, conforme detalhado no esquema da figura 4.3.

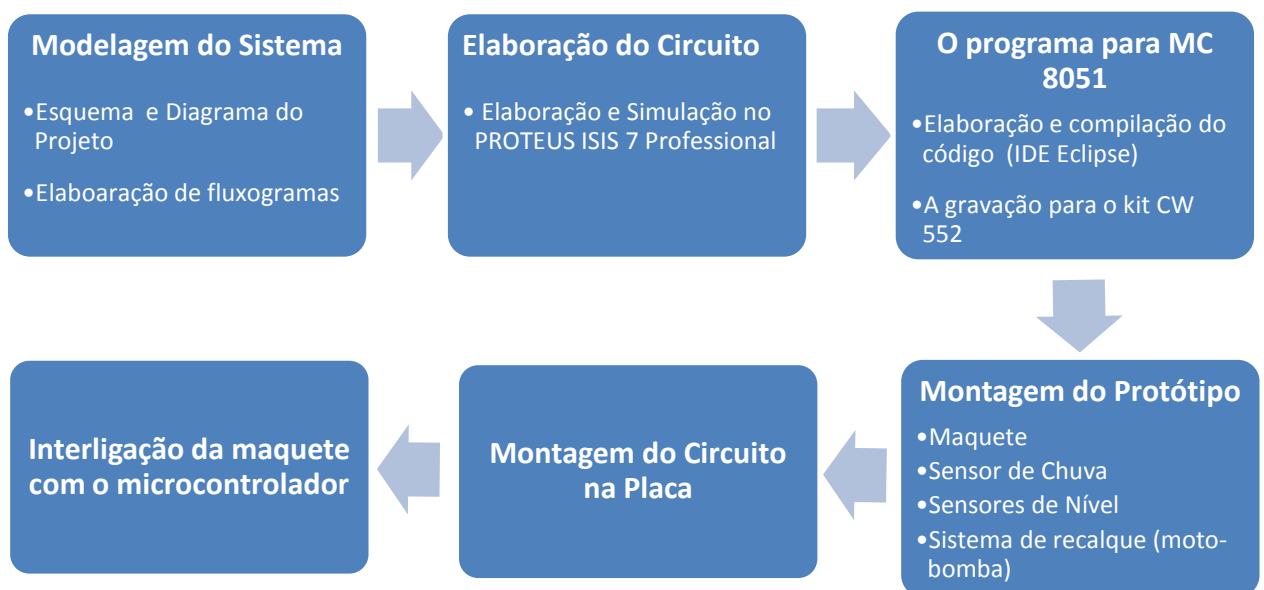


Figura 4.3 – Etapas de Implementação do Projeto

As etapas estabelecidas são:

- Modelagem do sistema;
- Elaboração do circuito;
- Elaboração do programa para o microcontrolador;
- Montagem do protótipo;
- Montagem do circuito na placa;
- Interligação da maquete com o microcontrolador.

4.3.1 – Modelagem do Sistema

O ponto de partida para a elaboração do projeto foi a visualização dos elementos que compõem o sistema e a responsabilidade de cada um deles no seu funcionamento. Observou-se então que o projeto proposto é composto por unidades de entrada e saída de dados, drivers, além do protótipo composto por vários dispositivos, conforme ilustrado na figura 4.4.

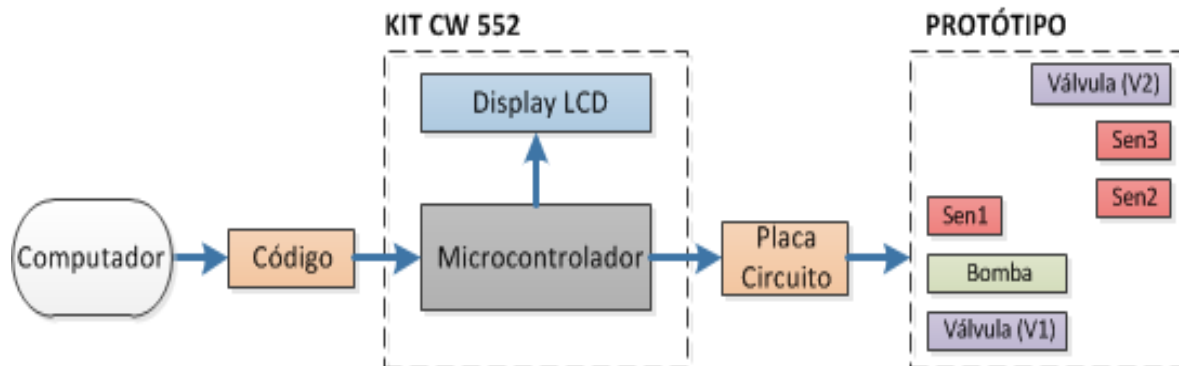


Figura 4.4 – Unidades do sistema

Definiu-se então, as rotinas envolvidas nos processos e como seria o acionamento de cada uma delas. Verificou-se que essas rotinas de execução estavam divididas em apenas dois grandes grupos: A rotina de Chuva e a rotina de Seca. Feito isso, foi elaborado o fluxograma geral do sistema com as rotinas básicas envolvidas e a representação dos dispositivos, conforme mostra a figura 4.5.

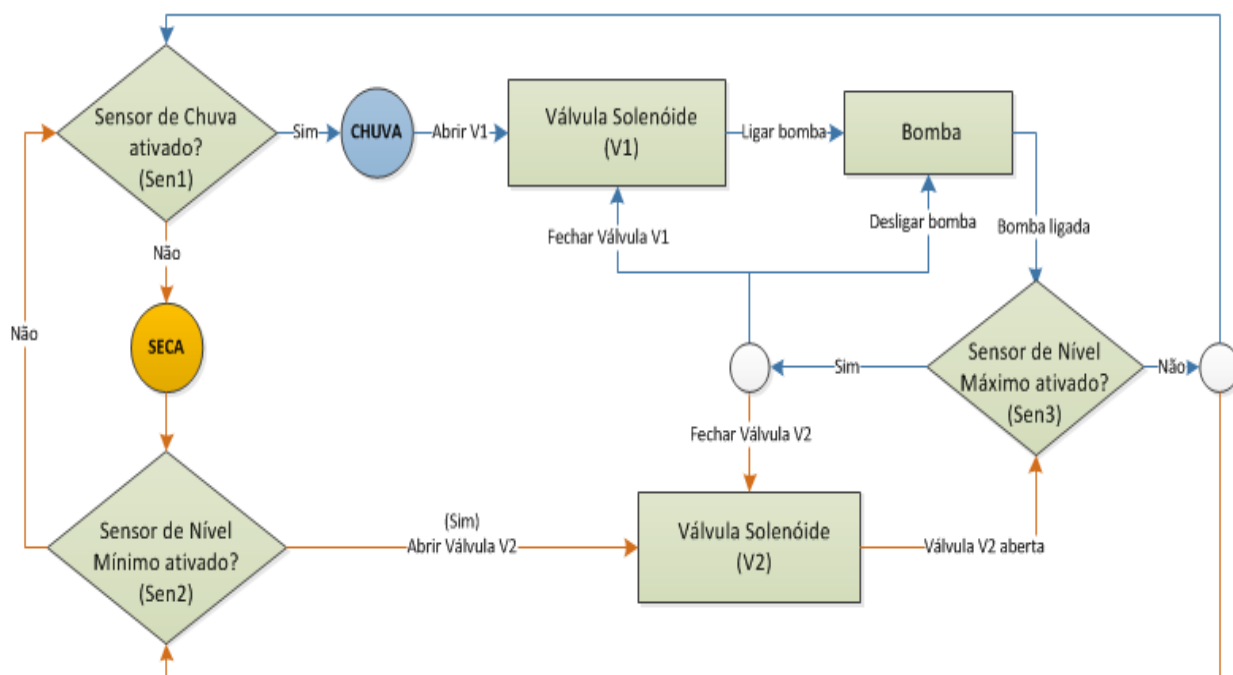


Figura 4.5 – Fluxograma geral do sistema

Em seguida, foram definidos os pinos do microcontrolador a serem utilizados por cada dispositivo, de acordo com a relação abaixo:

Tabela 4 – Associação dos pinos do microcontrolador com os dispositivos do projeto

Porta	Pinos	Dispositivos
P1	P1.0	LED1- indica status da bomba (Ligada / Desligada)
	P1.1	LED2- indica status da válvula V1 (Aberta / Fechada)
	P1.2	LED3- indica status da válvula V2 (Aberta / Fechada)
	P1.3	LED4- indica status do Sen1 (Ativado / Desativado)
	P1.4	LED5- indica status do Sen2 (Ativado / Desativado)
	P1.5	LED6- indica status do Sen3 (Ativado / Desativado)
	P1.6	Válvula solenóide V1
	P1.7	Válvula solenóide V2
P3	P3.2 (INT0)	Interligado ao pino P4.7 (Sen1)
	P3.3 (INT1)	Interligado aos pinos P4.4 e P4.6 (Sen2 / Sen3)
P4	P4.2	Moto-bomba
	P4.4	Sensor de Nível Mínimo (Sen2)
	P4.6	Sensor de Nível Máximo (Sen3)
	P4.7	Sensor de Chuva (Sen1)

Pode-se observar na figura 4.6 o esquema do projeto com a visualização dos dispositivos interligados aos respectivos pinos.

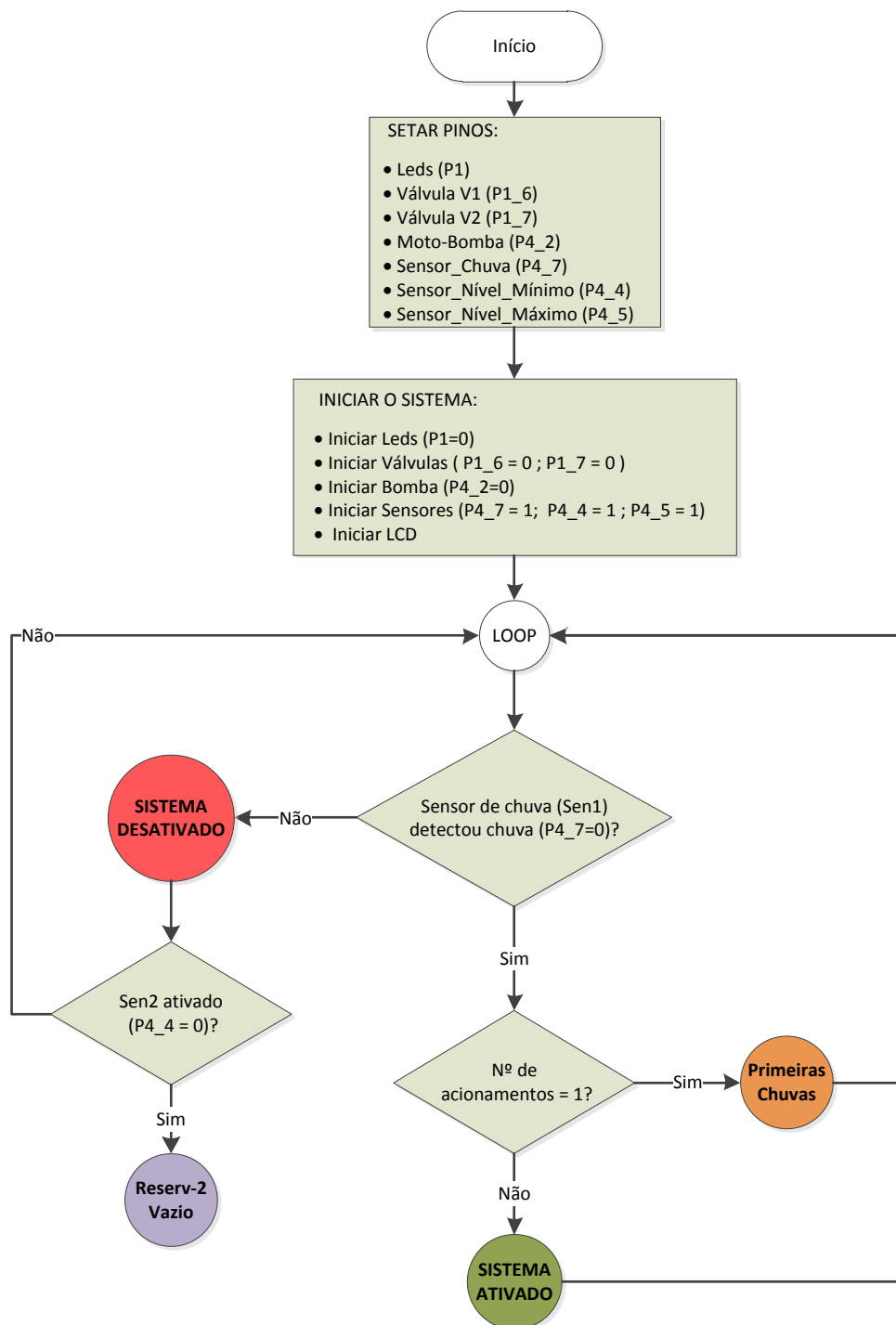


Figura 4.7 – Fluxograma da rotina principal do Sistema

4.3.2 – Elaboração do Circuito

Com base no fluxograma desenvolvido, o circuito foi desenhado utilizando-se do software PROTEUS ISIS 7 Professional. No circuito, foi utilizado o modelo de microcontrolador 80C51, pois a biblioteca de dispositivos do programa não possui o

microcontrolador 80C552 que foi utilizado. Foi incluído um modelo de LCD compatível com o LCD integrado ao Kit com 2 linhas e 40 colunas. As ligações foram feitas em conformidade com os pinos definidos na modelagem do sistema colocando-se LED's para sinalizar o acionamento dos dispositivos: bomba, sensores e válvulas. Para simplificar na simulação cada sensor foi representado por uma chave, que funciona como um interruptor. Para o acionamento da bomba foi utilizado um relé 12V, um transistor TIP 122, dois resistores, um de 10K e outro de 470 Ω , um diodo IN4001 e um optoacoplador 4N25, de acordo com o circuito mostrado na figura 4.8.

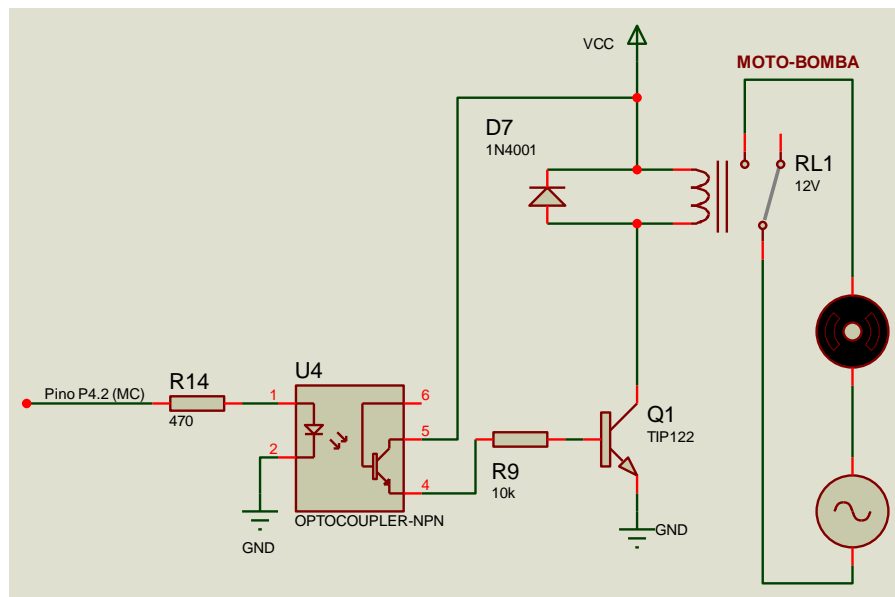


Figura 4.8 – Circuito para acionamento da bomba

Para o acionamento de cada válvula solenóide também foram utilizados um conjunto composto por um relé também de um relé 12V, um transistor TIP 122, dois resistores, um de 10K e outro de 470 Ω , um diodo IN4001 e um optoacoplador 4N25, conforme demonstrado na figura 4.9.

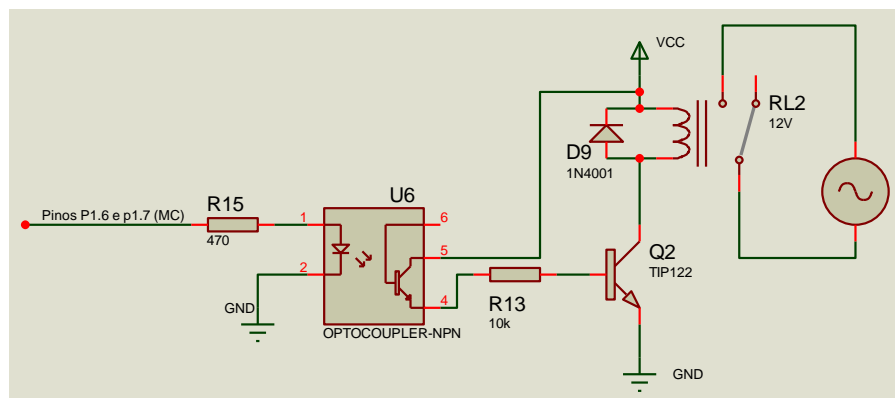


Figura 4.9 – Circuito para acionamento das válvulas solenóide V1 e V2

Nos circuitos demonstrados nas figuras 4.8 e 4.9, foram usados diodos em paralelo com os relés (carga indutiva) de modo a evitar o aparecimento de altas tensões nos contatos na sua abertura. Estas elevadas tensões podem causar faiscamento excessivo e com isso a queima dos contatos.

Outro recurso utilizado foi o optoacoplador, que é um componente eletrônico bastante utilizado em estruturas onde se deseja um isolamento total de sinal entre a entrada e a saída. Neste caso, o terra (GND) conectado ao pino da entrada não é o mesmo terra da saída, (Neutro) dos dispositivos: válvulas e bomba, portanto, devem ficar isolados um do outro por meio do optoacoplador.

4.3.2.1 – Simulação no PROTEUS

Para efetuar a simulação utilizando os recursos do proteus foi necessário fazer as conexões com os pinos do LCD e incluir o circuito que representa o cristal. Lembrando que essas ligações já estão embutidas na placa integrada ao microcontrolador. Outro ponto que causou dificuldade para efetivação da simulação foi a implementação das rotinas de interrupção, pois o 80C552 só possui 2 pinos para interrupções o pino INT0 e INT1, no entanto, esse projeto dispõem de 3 sensores que necessitam de prioridade nas rotinas acionadas, devendo portanto, estarem ligados nos pinos de interrupção.

Primeiramente, o sensor de chuva (Sen1) foi conectado ao pino P4.7 e interligado ao pino INT0 obtendo maior prioridade de atendimento na interrupção. O pino P4.7 foi iniciado com valor lógico “1”, assim sempre que houver um acionamento do sensor este valor cai para “0” acionando a rotina de interrupção no pino INT0.

Os sensores de nível mínimo (Sen2) e máximo (Sen3), foram conectados aos pinos P4.4 e P4.6, respectivamente, e estes foram interligados ao pino INT1 por meio de uma porta lógica AND, compartilhando o pino de interrupção. Os pinos P4.4 e P4.6 foram ligados às entradas da porta lógica e iniciados em nível lógico “1”. A saída da porta, por sua vez, foi interligada ao pino INT1, gerando portanto, uma saída inicial com valor igual a “1”. Deste modo, toda vez que um dos sensores for ativado, o pino correspondente passará ao valor “0”, resultando em uma saída também igual a “0” na porta lógica gerando, portanto, a interrupção. Ao finalizar a montagem do circuito, o programa compilado foi copiado para dentro do microcontrolador. Após a inserção do código foi iniciada a simulação, neste momento, observou-se que ao ser acionado a chave representativa do sensor de chuva o sistema

comportou-se como programado, visualizando todas as mensagens no display do LCD e acionando todos os dispositivos determinados. Foram efetuados simulações com acionamento das chaves que representam os sensores de nível e as respostas do sistema também foram correspondentes ao programado. A interface do Proteus no momento em que o código foi inserido no microcontrolador pode ser visualizada na figura 4.10. Na sequência, a figura 4.11 mostra a imagem do circuito no Proteus em execução durante a simulação.

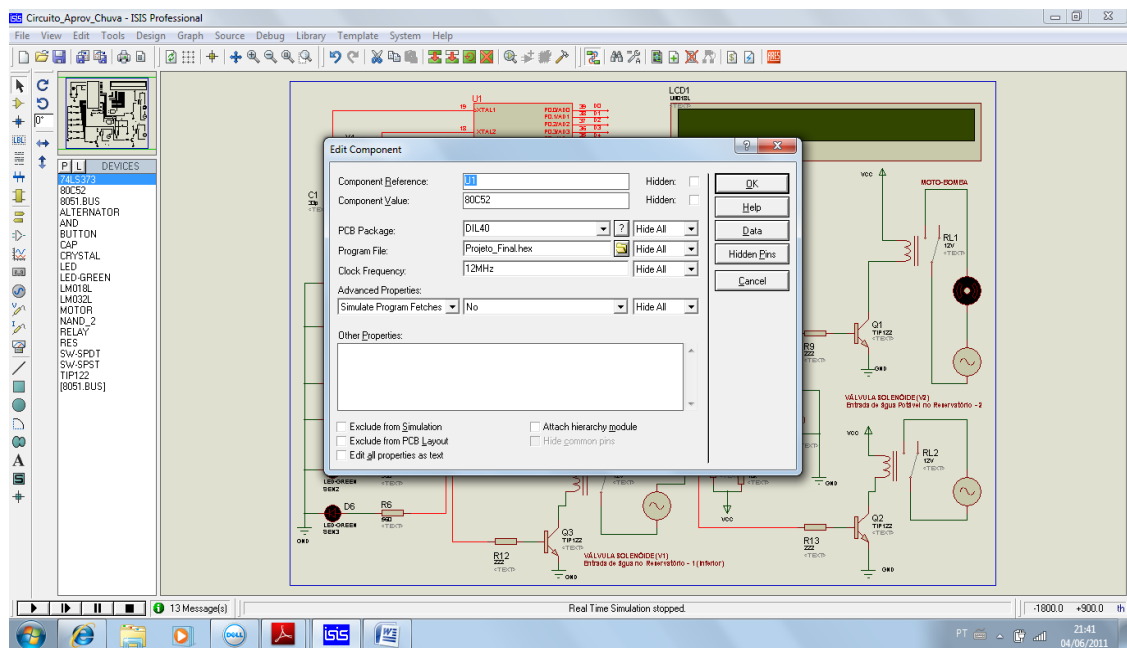


Figura 4.10– Inserção do código compilado no Proteus Isis Professional

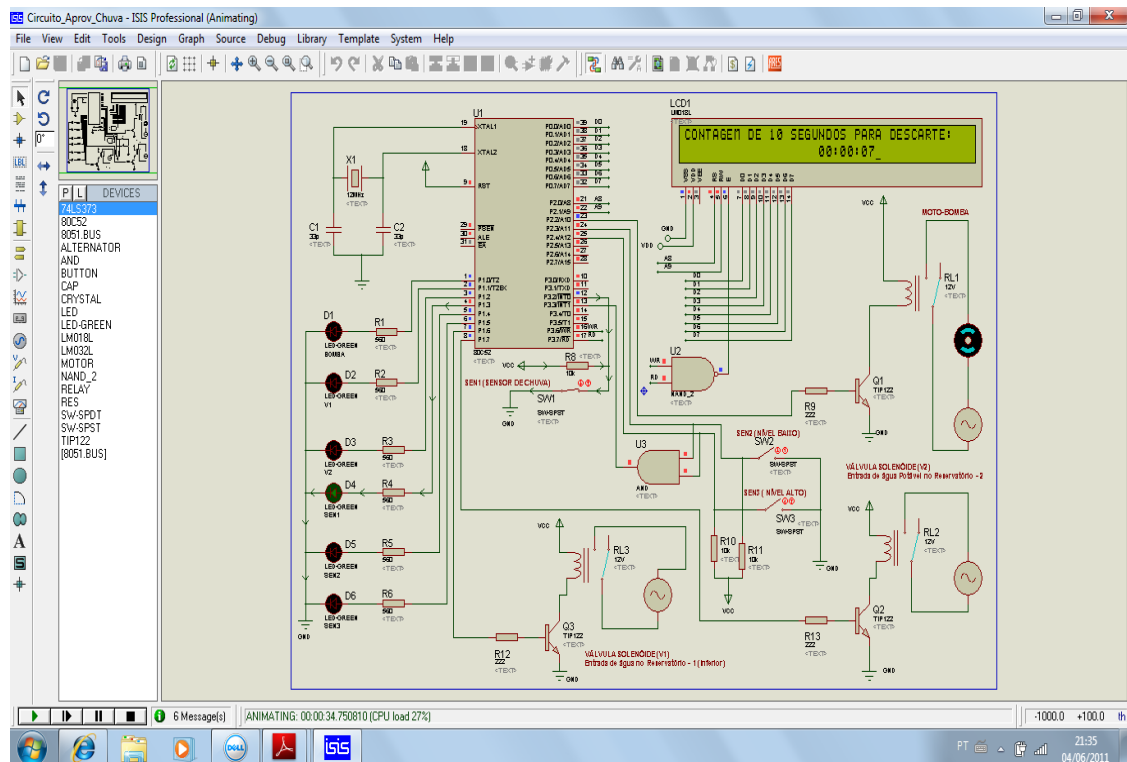


Figura 4.11 – Proteus Isis Professional em execução durante a simulação

O circuito completo montado no proteus está demonstrado na figura 4.12.

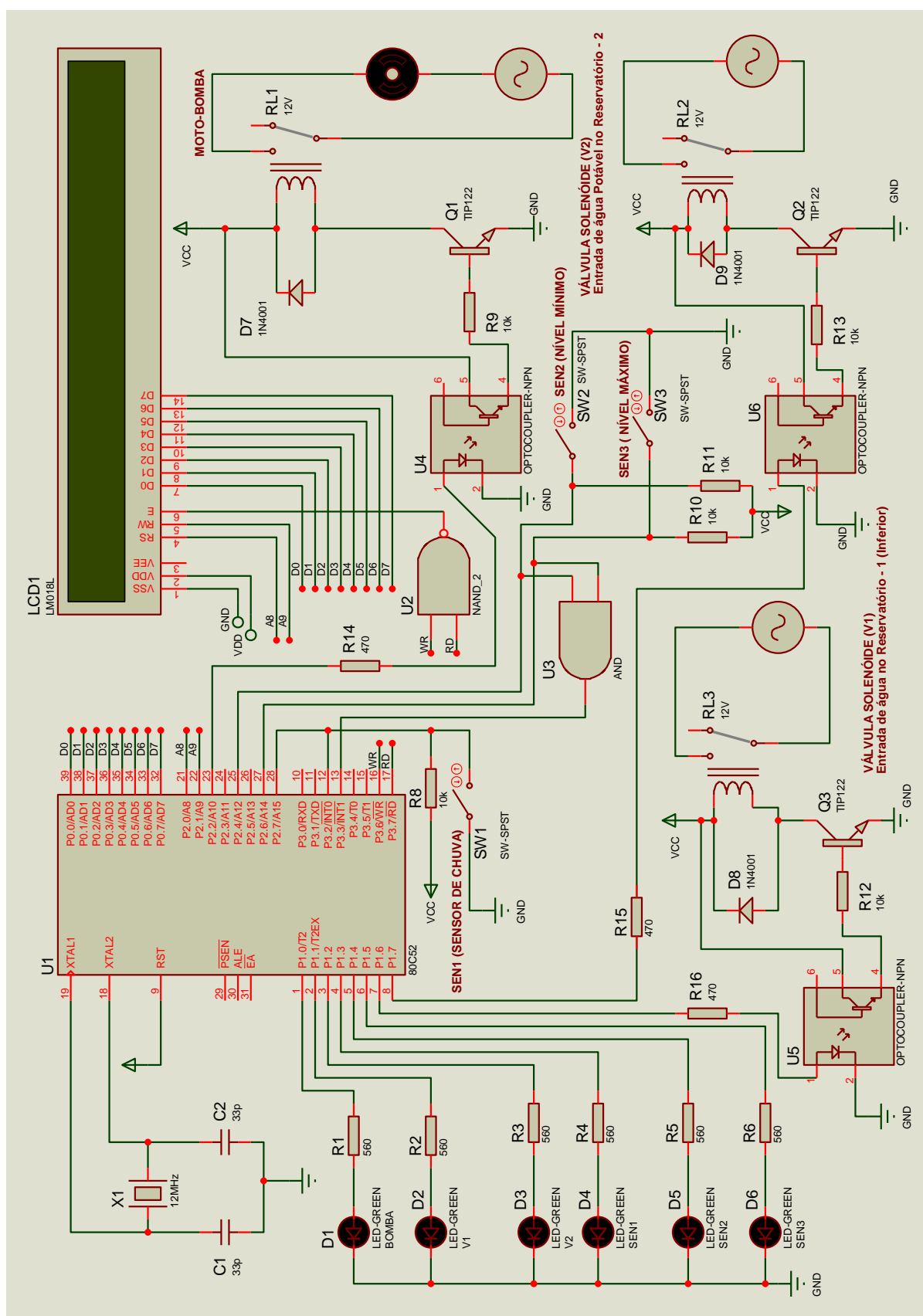


Figura 4.12 – Circuito completo elaborado para simulação no Proteus.

4.3.3 – O Programa para o Microcontrolador

4.3.3.1 – Elaboração e compilação do código

O código foi desenvolvido em linguagem C, conforme definido no capítulo 3. A IDE utilizada para o desenvolvimento foi o Eclipse Europa-fall para Windows 32-bits. Sua interface de programação pode ser visualizada na figura 4.13.

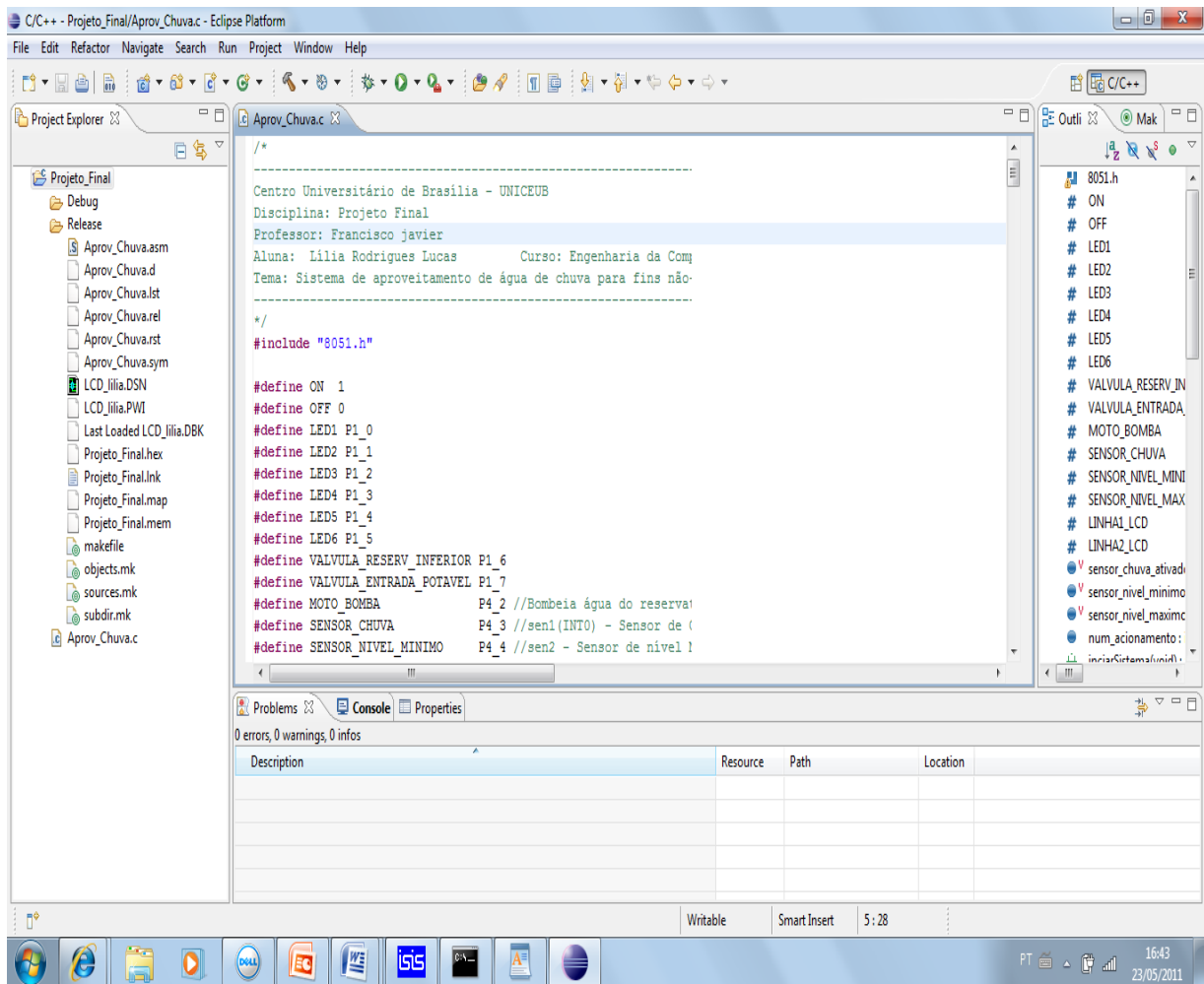


Figura 4.13 – Interface da IDE Eclipse

A partir do fluxograma da rotina principal do sistema apresentado na figura 4.7, o programa principal foi desenvolvido, considerando-se as duas rotinas principais: CHUVA e SECA. A rotina de chuva compreende o estado em que o sensor de chuva (Sen1) está ativado, enquanto a rotina de seca compreende o estado deste sensor desativado. O código do programa principal está demonstrado na figura 4.14.

```

/*=====
Programa principal
=====*/
void main(void)
{
    //Iniciar Sistema
    iniciarSistema();

    while(1){

        // sen1 acionado - Chovendo
        if (sensor_chuva_ativado == ON){

            if (num_acionamento == 1){
                primeirasChuvas();
            }
            sistemaAtivado(); //Rotina para sistema ativado

            num_acionamento++;

            if (SENSOR_CHUVA == 1){
                sensor_chuva_ativado = OFF; // Sen1 Desativado
            }
        }

        // sen1 desativado - Seca
        if (sensor_chuva_ativado == OFF){

            sistemaDesativado(); //Rotina para sistema desativado

            if (sensor_nivel_minimo == ON){ //sen2 acionado (Reservatório2 vazio
                reservatorioVazio(); // Rotina para verificar se reservatório-2
                                    está vazio
            }
            else{

                LED5 = OFF; //Apaga led para indicar que Sen2 está desativado
                posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
                escreverLCD("AGUA DISPONIVEL RESERVATORIO DE CHUVA"); //Escreve na
                                                                    linha 1

                delay(3);

                limparLCD(); //Apaga toda a tela
            }

            if (sensor_nivel_maximo == ON){ //sen3 acionado -Reservatório2 cheio

                reservatorioCheio(); // Rotina para reservatório-2 cheio
            }

            if (SENSOR_CHUVA == 0){

                sensor_chuva_ativado = ON; // Sen1 Desativado
            }
        }
    }
}

```

Figura 4.14 – Código da Programa principal

A detecção automática de chuva através do sensor funciona da seguinte forma. Quando o valor lido na porta é um nível lógico baixo, então o sistema detecta a situação de CHUVA, nessa condição, inicia-se um contador que checa quantas vezes foi detectada a presença de chuva. Caso se tratar do primeiro acionamento é chamada a sub-rotina “Primeiras Chuvas”, nela, inicia-se uma contagem de tempo estipulado para efetuar o descarte, seguida por uma nova contagem de tempo programada antes do acionamento da bomba. O fluxograma detalhando a sub-rotina “Primeiras Chuvas” pode ser visualizado na figura 4.15 e o código desta função na figura 4.16.

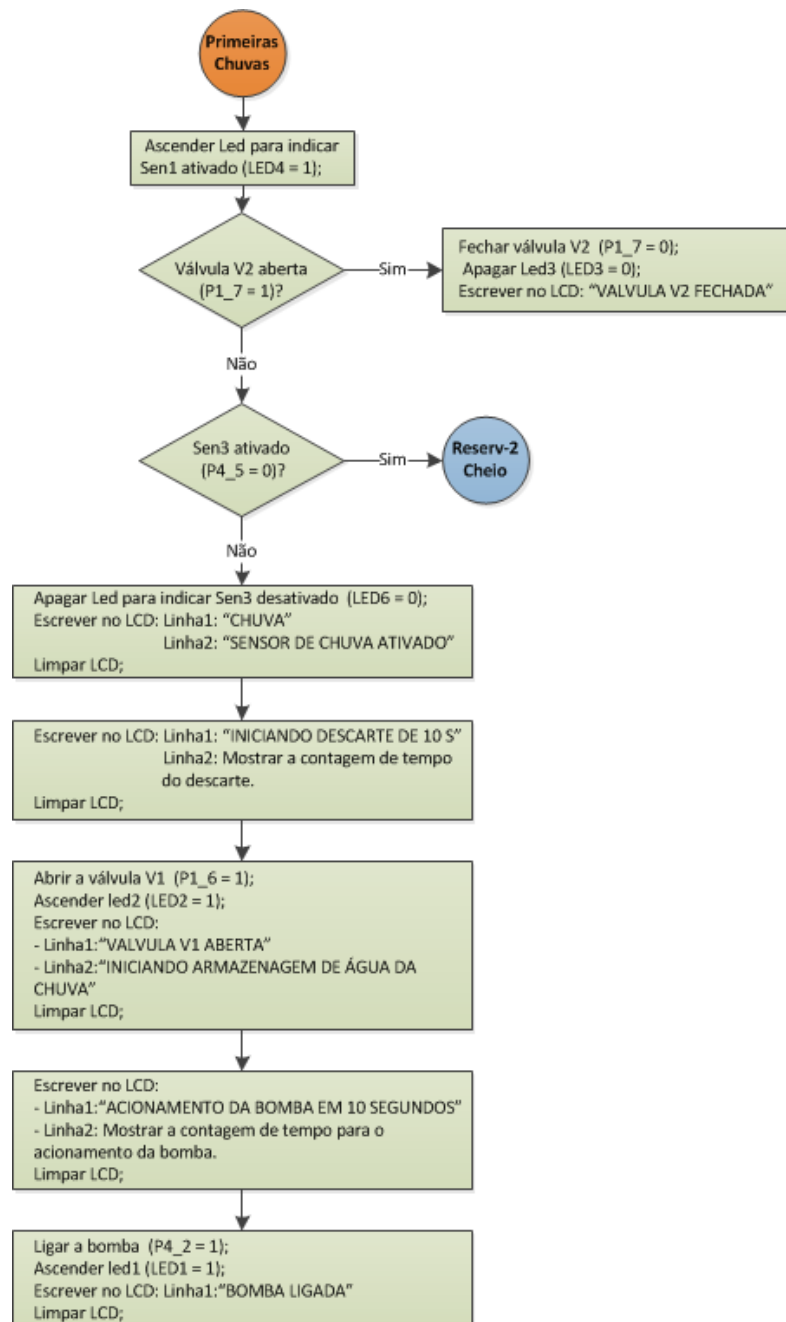


Figura 4.15 – Fluxograma da sub-rotina “Primeiras Chuvas”

```

/*-----
  ROTINA 6 - Rotina de acionamento para as Primeiras Chuvas
-----*/
void primeirasChuvas(void) {

  LED4 = ON; //Ascende Led indicador que o sen1 está ativado
  VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = OFF;
  LED3 = OFF; //Ascende Led indicador que a válvula(V2) está aberta)
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("VALVULA V2 FECHADA");//Escreve na linha 1
  delay(3);
  limparLCD();//Apaga toda a tela

  if (sensor_nivel_maximo == ON){ // sen3 acionado - Reservatório2 cheio
    reservatorioCheio(); // Rotina para reservatório-2 cheio
  }else{
    LED6 = OFF; //Apaga led para indicar que Sen3 está desativado
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("CHUVA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
    escreverLCD("SENSOR DE CHUVA ATIVADO");//Escreve na linha 2
    delay(3);
    limparLCD();//Apaga toda a tela

    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("CONTAGEM DE 10 SEGUNDOS PARA DESCARTE:");//Escreve
                                                                linha 1

    delay(3);
    contaTempoLCD(10000);//Contar tempo de descarte
    VALVULA_RESERV_INFERIOR = ON; //Abre a válvula (V1)
    LED2 = ON; //Ascende Led indicador que a válvula(V1) está aberta
    limparLCD();//Apaga toda a tela

    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("VALVULA V1 ABERTA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
    escreverLCD("INICIANDO ARMAZENAGEM DE AGUA DA CHUVA");//Escreve linha2
    delay(3);
    limparLCD();//Apaga toda a tela

    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("ACIONAMENTO DA BOMBA EM T SEGUNDOS:");//Escreve linha1
    delay(3);
    contaTempoLCD(10000); //Contagem do tempo para a água do atingir o
                                                                nível necessário para o acionamento da bomba
    limparLCD();//Apaga toda a tela
    MOTO_BOMBA = ON; //liga a bomba
    LED1 = ON; //Ascende Led indicando que a bomba está ligada
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("BOMBA LIGADA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    limparLCD();//Apaga toda a tela
  }
} //fim da rotina

```

Figura 4.16 – Código da sub-rotina “Primeiras Chuvas”

Para os acionamentos seguintes, o sistema chama a rotina “Sistema Ativado”. Neste caso, não haverá nenhuma contagem de tempo, o sistema por meio do sensor Sen3 irá verificar se o reservatório superior de água de chuva está cheio. Se for positivo, é desviado para a sub-rotina “Reservatório Cheio”, caso contrário, permanece com a bomba ligada e a válvula solenóide V1 aberta. A rotina “Sistema Ativado” está detalhada no fluxograma ilustrado na figura 4.17 e o código correspondente encontra-se na figura 4.18.

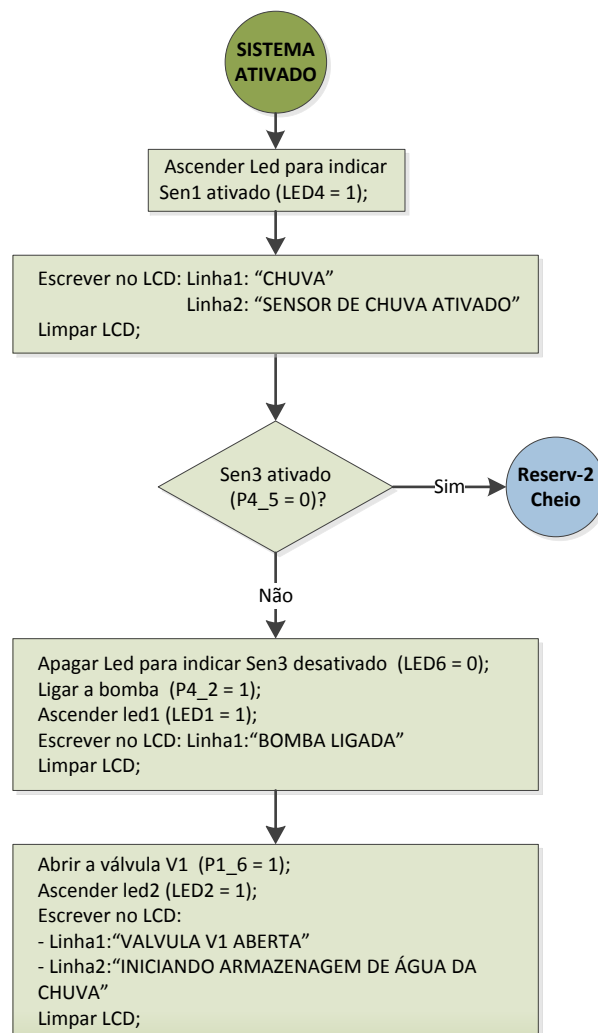


Figura 4.17 – Fluxograma da sub-rotina “Sistema Ativado”

```

/*-----
    ROTINA 5 - Rotina de acionamento do Sistema (Sistema Ativado)
-----*/
void sistemaAtivado(void) {

    LED4 = ON; //Asceso Led indicador que Sen1 está ativado
    VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = OFF;
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("CHUVA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
    escreverLCD("SENSOR DE CHUVA ATIVADO");//Escreve na linha 2
    delay(3);

    limparLCD();//Apaga toda a tela

    if (sensor_nivel_maximo == ON){ // sen3 acionado - Reservatório2 cheio
        reservatorioCheio(); // Rotina para reservatório-2 cheio
    }else{
        LED6 = OFF; //Apaga led para indicar que Sen3 está desativado
        MOTO_BOMBA = ON; //Bomba ligada
        LED1 = ON; //Asceso Led indicador que a bomba está ligada
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
        escreverLCD("BOMBA LIGADA");//Escreve na linha 1
        delay(3);

        limparLCD();//Apaga toda a tela

        VALVULA_RESERV_INFERIOR = ON;//Abre Válvula V1
        LED2 = ON; //Ascende Led indicador que válvula V1 está aberta
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
        escreverLCD("VALVULA V1 ABERTA");//Escreve na linha 1
        delay(3);

        limparLCD();//Apaga toda a tela
    }
} //Fim da Rotina

```

Figura 4.18 – Código da sub-rotina “Sistema Ativado”

Para estabelecer as funções ou sub-rotinas para cada situação contemplada nas duas rotinas principais CHUVA e SECA, foram desenvolvidos fluxogramas detalhados do sistema, aprofundando os processo envolvidos e as rotinas de acionamento associadas a cada um deles. Dentre as funções criadas, a sub-rotina “Reservatório Cheio” é comum às duas rotinas principais. Essa sub-rotina está demonstrada por meio do fluxograma da figura 4.19 e o seu código detalhado na figura 4.20.

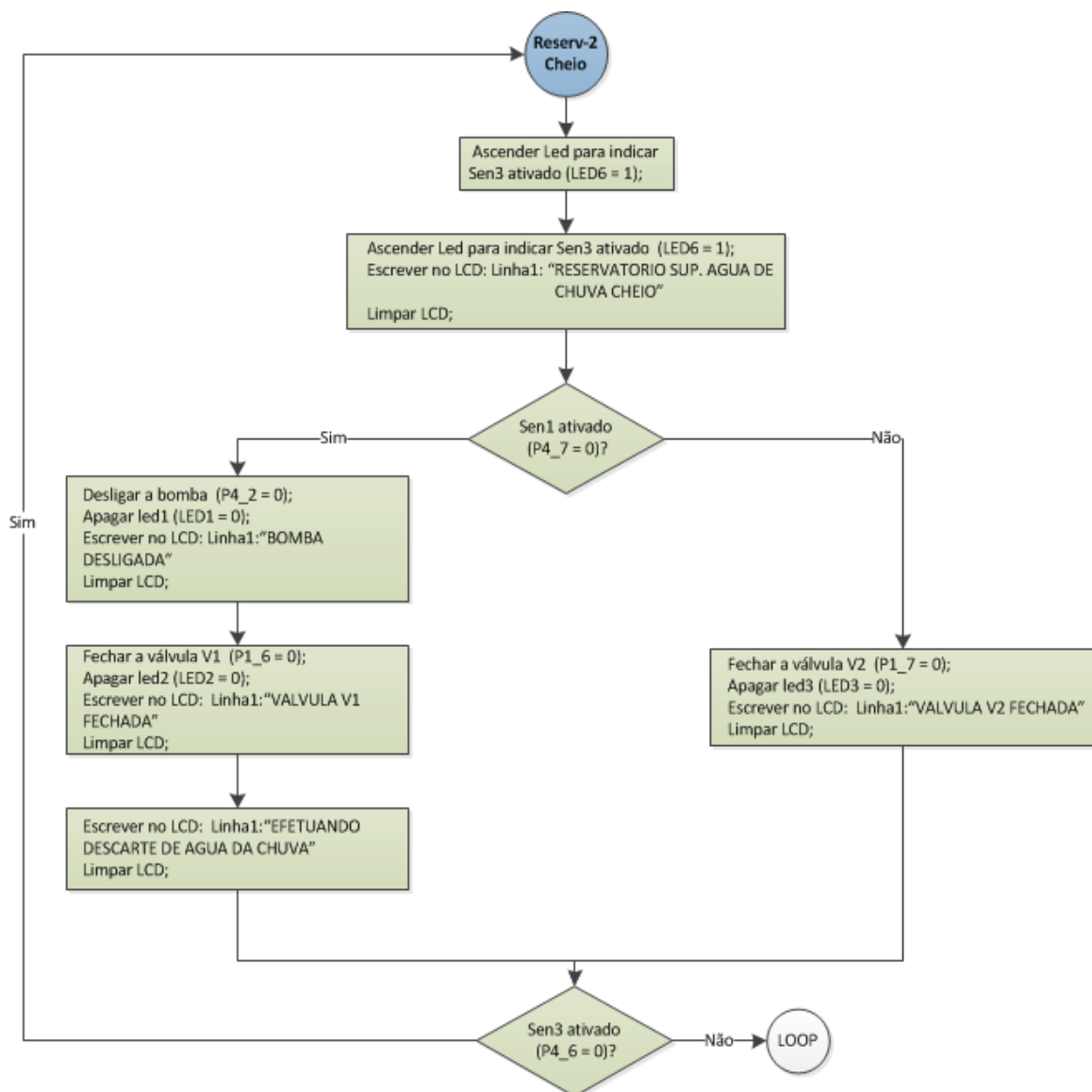


Figura 4.19 – Fluxograma da Sub-rotina “Reservatório Cheio”

```

/*-----
  ROTINA 7 - Rotina acionada quando reservatório-2 estiver cheio
-----*/

void reservatorioCheio(void) {

  LED6 = ON; //Ascende Led indicador que Sen3 está ativado
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("RESERVATORIO SUP. AGUA DE CHUVA CHEIO");//Escreve linha 1
  delay(3);
  limparLCD();//Apaga toda a tela

  if (sensor_chuva_ativado == ON){//Situação de Chuva

    MOTO_BOMBA = OFF; //Desliga a bomba
    LED1 = OFF; //Apaga Led para indicar que a bomba está desligada
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("BOMBA DESLIGADA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    limparLCD();//Apaga toda a tela
  }
}

```

```

VALVULA_RESERV_INFERIOR = OFF; //fecha a válvula (V1)
LED2 = OFF; //Apaga Led indicador da válvula(V1)
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
escreverLCD("VALVULA V1 FECHADA");//Escreve na linha 1
delay(3);
limparLCD();//Apaga toda a tela

posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
escreverLCD("EFETUANDO DESCARTE DE AGUA DA CHUVA");//Escreve na linha 1
delay(3);
limparLCD();//Apaga toda a tela
}

if (sensor_chuva_ativado == OFF){//Situação de Seca
    VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = OFF;//Fecha a válvula V2
    LED3 = OFF; //Ascende Led indicador da válvula(V2)
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("VALVULA V2 FECHADA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    limparLCD();//Apaga toda a tela
}

if (SENSOR_NIVEL_MAXIMO == 1){
    sensor_nivel_maximo = OFF;
}
} //Fim da Rotina

```

Figura 4.20 – Código da sub-rotina “Reservatório Cheio”

Quando o sensor de chuva retorna um valor lógico alto, significa que o sistema está desativado, pois o pino interligado a esse sensor é iniciado com valor “1”. Nesse caso, é chamada a rotina “Sistema Desativado”, na qual é exibida as mensagens de “SECA” e “SISTEMA DESATIVADO” e o microcontrolador procede o desligamento de todos os dispositivos. Nesta condição de seca, é verificado se o reservatório superior de água de chuva está vazio, caso positivo, é chamada a sub-rotina “Reservatório Vazio”. O detalhamento da rotina “Sistema desativado” pode ser observado no fluxograma apresentado na figura 4.21 e no código visualizado na figura 4.22. Por sua vez, a sub-rotina “Reservatório Vazio” encontra-se visualizada por meio das figuras 4.23 que apresenta o fluxograma detalhado e 4.24 que demonstra o código desenvolvido.

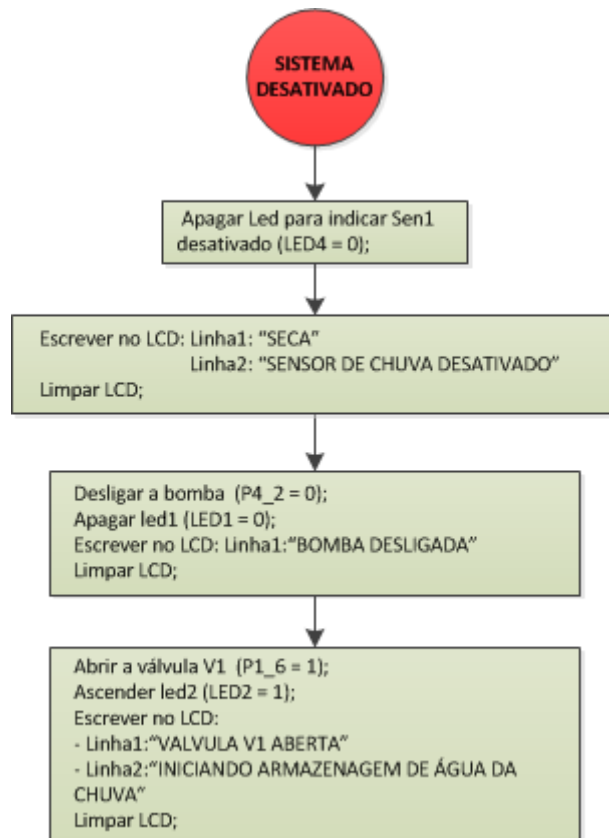


Figura 4.21 – Fluxograma da sub-rotina “Sistema Desativado”

```

/*-----
  ROTINA 8 - Rotina para o sistema desativado
-----*/
void sistemaDesativado(void) {

  LED4 = OFF; //Apaga Led indicando que o sen1 está desativado
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("SECA"); //Escreve na linha 1
  delay(3);
  posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
  escreverLCD("SENSOR DE CHUVA DESATIVADO"); //Escreve na linha 2
  delay(3);
  limparLCD(); //Apaga toda a tela

  MOTO_BOMBA = OFF; //Desliga a bomba
  LED1 = OFF; //Apaga Led para indicar que a bomba está desligada
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("BOMBA DESLIGADA"); //Escreve na linha 1
  delay(3);
  limparLCD(); //Apaga toda a tela

  VALVULA_RESERV_INFERIOR = OFF; //fecha a válvula (V1)
  LED2 = OFF; //Ascende Led indicador da válvula(V2)
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("VALVULA V1 FECHADA"); //Escreve na linha 1
  delay(3);
  limparLCD(); //Apaga toda a tela
  num_acionamento = 1;
} //Fim da Rotina
  
```

Figura 4.22 – Código da sub-rotina “Sistea Desativado”

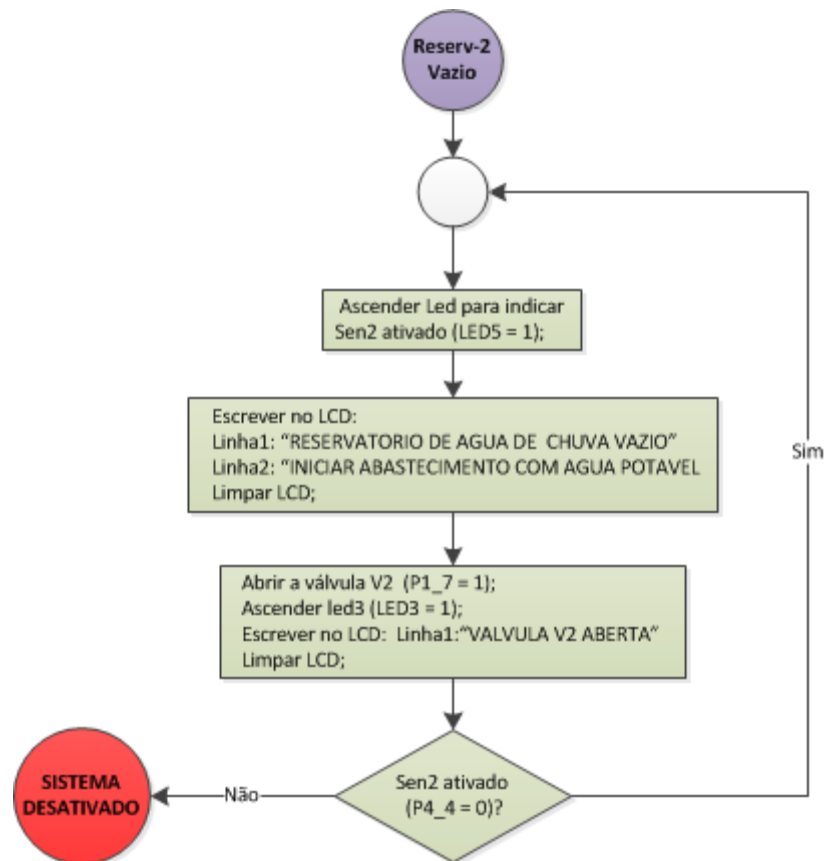


Figura 4.23 – Fluxograma da sub-rotina “Reservatório Vazio”

```

/*-----
  ROTINA 9 - Rotina para verificar se reservatório-2 está vazio
-----*/
void reservatorioVazio(void) {

  LED5 = ON; //Ascende Led indicador que Sen2 está ativado
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("RESERVATORIO DE AGUA DE CHUVA VAZIO");//Escreve linha 1
  delay(3);
  posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
  escreverLCD("INICIAR ABASTECIMENTO COM AGUA POTAVEL");//Escreve linha 2
  delay(3);
  limparLCD();//Apaga toda a tela

  VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = ON;//Válvula V2 aberta
  LED3 = ON; //Ascende Led indicador da válvula(V2)aberta
  posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
  escreverLCD("VALVULA V2 ABERTA");//Escreve na linha 1
  delay(3);

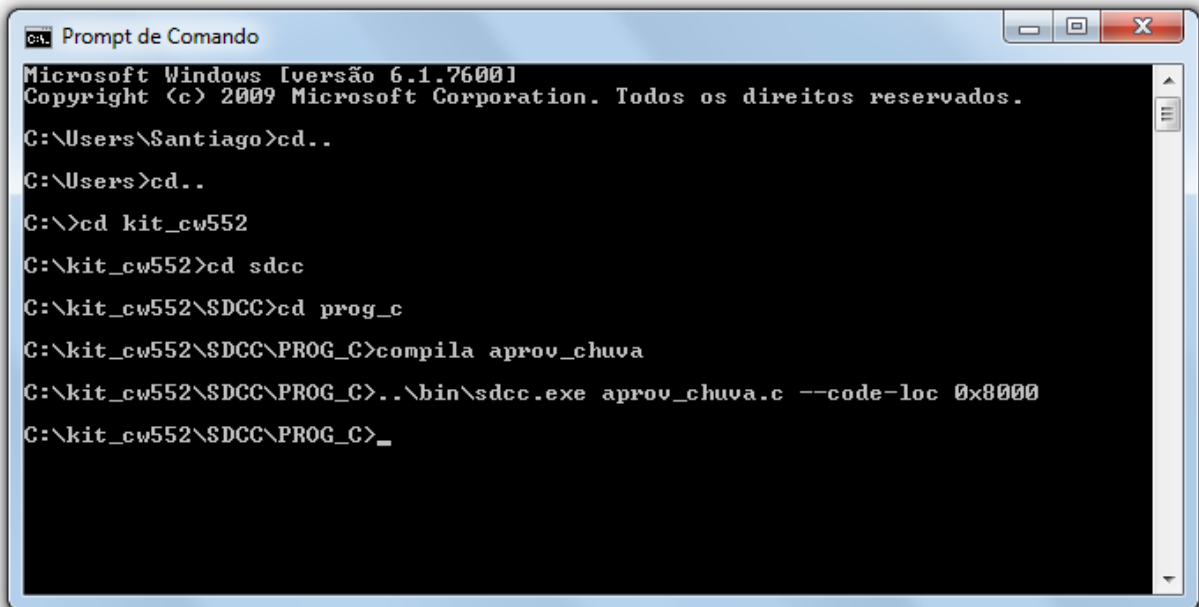
  limparLCD();//Apaga toda a tela

  if (SENSOR_NIVEL_MINIMO == 1){
    sensor_nivel_minimo = OFF;
  }
} //Fim da Rotina

```

Figura 4.24 – Código da sub-rotina “Reservatório Vazio”

Para a compilação do programa foi utilizado o compilador SDCC versão 3.0. A compilação é feita no ambiente DOS, conforme mostrado na figura 4.25.



```
C:\> Prompt de Comando
Microsoft Windows [versão 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\Users\Santiago>cd..
C:\Users>cd..
C:\>cd kit_cw552
C:\kit_cw552>cd sdcc
C:\kit_cw552\SDCC>cd prog_c
C:\kit_cw552\SDCC\PROG_C>compila aprov_chuva
C:\kit_cw552\SDCC\PROG_C>..\bin\sdcc.exe aprov_chuva.c --code-loc 0x8000
C:\kit_cw552\SDCC\PROG_C>_
```

Figura 4.25 – Interface de compilação no SDCC

4.3.3.2 – A gravação para o kit CW 552

Para a conexão foi necessário um cabo USB para interligar o laptop ao Kit, acoplado ao cabo serial da placa. Essa conexão pode ser visualizada na figura 4.26.

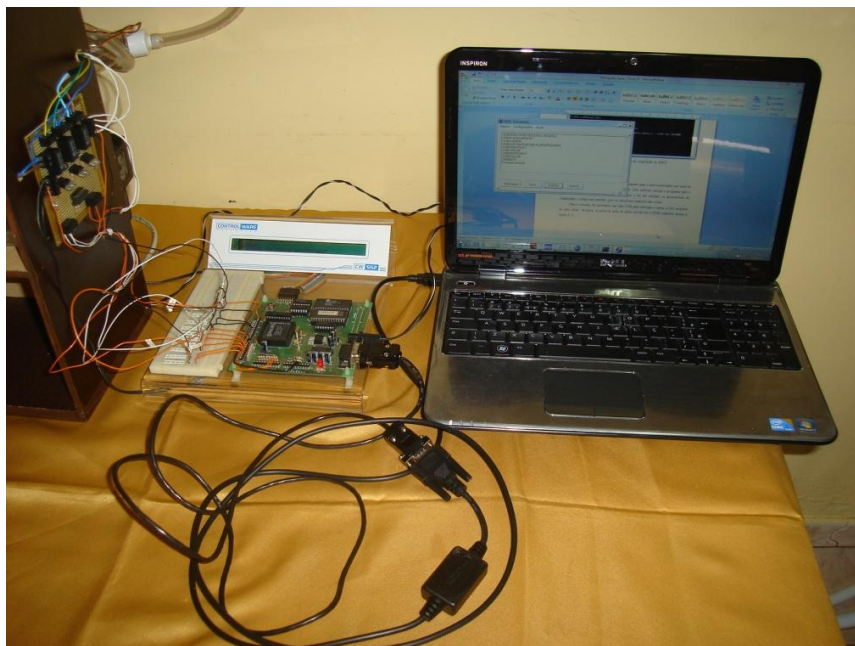


Figura 4.26 – Kit CW552 acoplado ao laptop via porta USB

Primeiramente é necessário resetar o kit pressionando o botão na placa de modo que qualquer fragmento de informação seja excluído da memória. Em seguida, escolhe-se a porta de saída de dados a ser utilizada. Depois o kit é testado pressionando o botão “testar kit” na janela de interface do programa Down que efetua a comunicação do kit com o computador. Esse software carrega o programa para o microcontrolador para ser executado.

Ao retornar a mensagem “Kit pronto” na tela, o arquivo compilado (*.ihx) é carregado para o microcontrolador. Após a finalização do download do código, pressiona-se o botão “executar” e o sistema inicia-se. Sempre que o kit for resetado ou desconectado do computador o código é perdido, pois ele não possui memória não-volátil. As interfaces do software Down com a escolha da porta de saída COM3 e o download do código para o microcontrolador estão visualizados na figura 4.27.

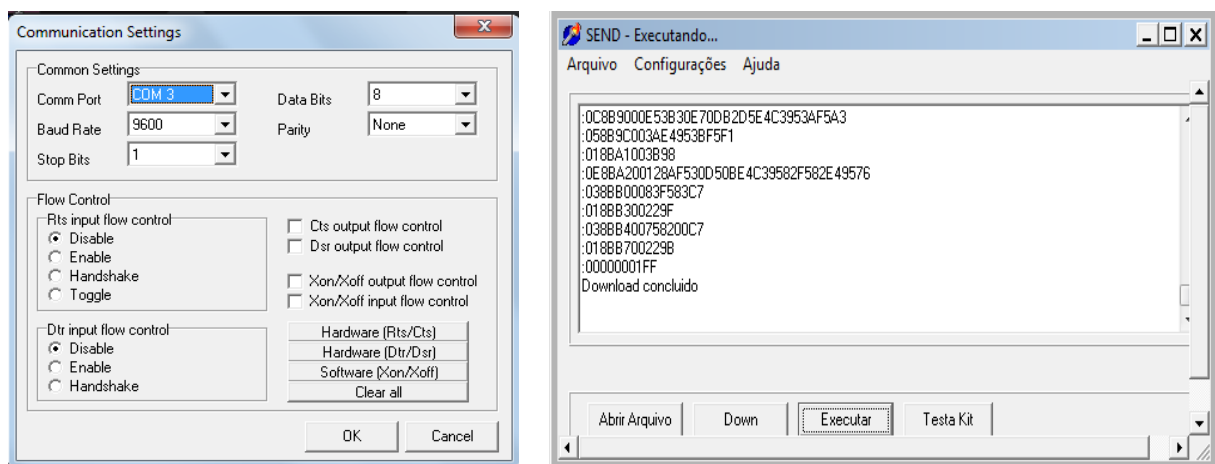


Figura 4.27 – Interfaces do Software Down

4.3.4 – A Montagem do Protótipo

4.3.4.1 – Maquete

A maquete foi confeccionada em MDF de acordo com o projeto previamente definido, descrito na figura 4.2. Os reservatórios foram confeccionados em acrílico para facilitar na perfuração para passagem dos dispositivos e mangueiras. Na base inferior da maquete foi destinado um espaço para a colocação do reservatório inferior e na base superior foram colocados os outros 02 reservatórios, conforme mostra a figura 4.28.



Figura 4.28 – Maquete em madeira e os 03 reservatórios em acrílico

Foram feitos furos nas placas de madeira para passagem das tubulações conforme descrito abaixo:

- FACHADA LATERAL ESQUERDA: 1 furo de $\phi = 13$ mm para passagem da mangueira que bombeia a água do reservatório inferior para o reservatório superior de água de chuva (Reservatório 2). Essa imagem pode ser visualizada na figura 4.29.



Figura 4.29 – Furo na lateral esquerda da maquete

- FACHADA POSTERIOR (FUNDO): 1 furo aproximadamente 3,5 x 3 cm para fixação da válvula solenóide que controla a entrada de água potável proveniente da rede pública para o reservatório 2, conforme demonstrado na figura 4.30.



Figura 4.30 – Furo no fundo da maquete para fixação da válvula V2

- BASE DE APOIO DOS RESERVATÓRIOS SUPERIORES: 1 furo $\phi = 19$ mm para passagem das fiações dos sensores, conforme ilustra a figura 4.31.

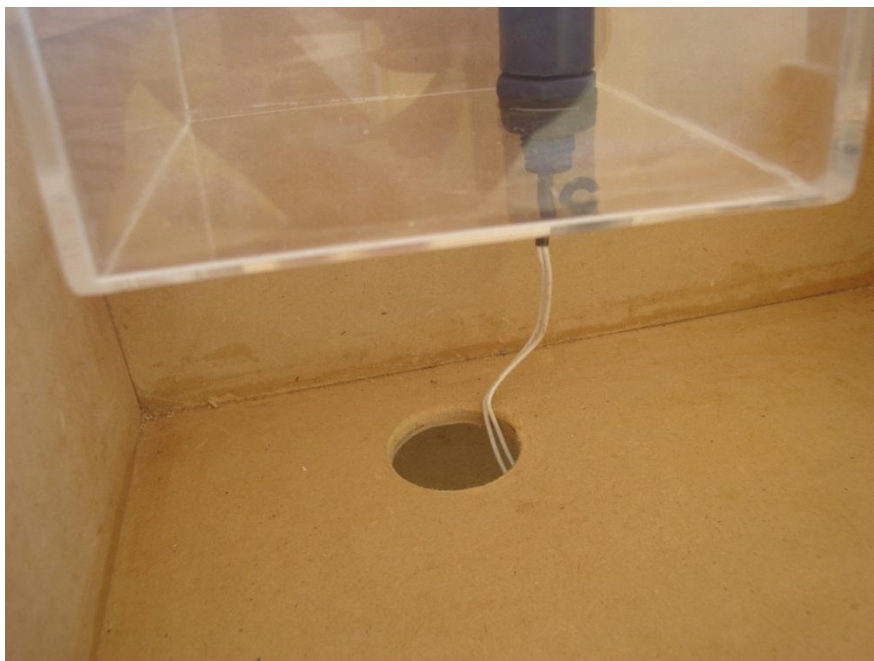


Figura 4.31 – Furo na base de apoio dos reservatórios superiores

4.3.4.2 – Sensor de chuva

Inicialmente, o sensor de chuva foi confeccionado reutilizando uma placa de circuito integrado retirada de um aparelho desmontado. Foi cortado um pedaço desta placa de 2cm de largura x 8cm de comprimento, aproveitando-se as trilhas de filamento da própria placa e lixando a superfície para que a água possa percorrer as trilhas com maior facilidade e interliga-las. No entanto, esse sensor não funcionou adequadamente, pois os fios oxidaram rapidamente durante os testes efetuados imerso em água, sem contar que o sinal emitido não era muito nítido para reconhecimento do microcontrolador, assim, havia muito oscilação entre o estado de chuva e seca. A imagem do primeiro sensor desenvolvido pode ser visualizada na figura 4.32.

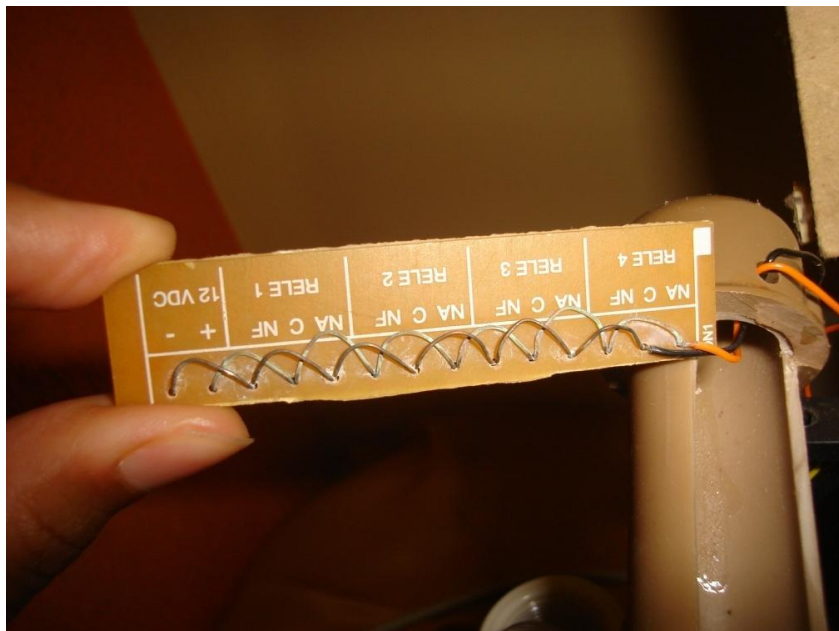


Figura 4.32 – Primeiro Sensor de Chuva desenvolvido

Visando solucionar essa falha, um novo sensor foi desenvolvido, desta vez, utilizando fios em inox para evitar a oxidação. Esse sensor foi feito utilizando-se uma presilha de plástico, onde em cada uma das extremidades foi enrolado um fio inox em forma de espiral. Uma das linhas de fio foi conectada ao terra (GND) do kit, gerando sinal zero (nível lógico baixo), e a outra linha conectada ao VCC de 5V (nível lógico alto). O pino conectado ao sensor de chuva foi iniciado com valor lógico “1”.

O sensor foi colocado dentro da calha, assim quando a água da chuva cai sobre ele, ocorre a ligação entre as linhas de fios, fazendo a corrente percorrê-las gerando sinal “0” no pino do microcontrolador, que entende como detecção de chuva. A seguir, as figuras 4.33 e

4.34 apresentam, respectivamente, a ilustração do sensor utilizado e o desenho do circuito desenvolvido.

Além disso, foi necessário a utilização de um transistor na placa do circuito interligado aos fios do sensor de modo a amplificar o sinal e enviá-lo ao microcontrolador facilitando a detecção do acionamento.



Figura 4.33 – Sensor de Chuva definitivo

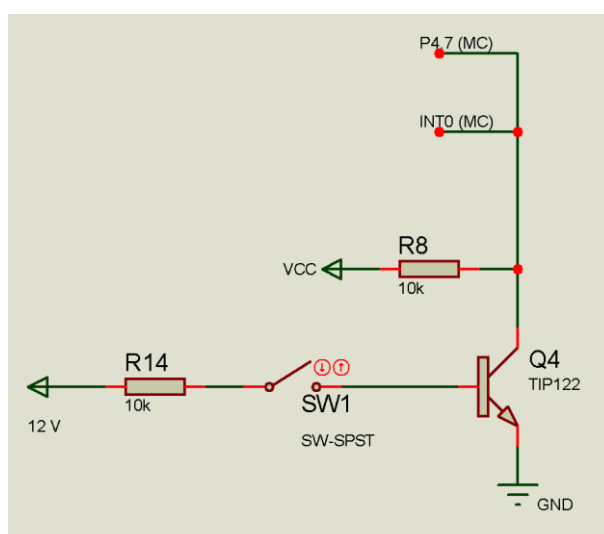


Figura 4.34 – Circuito do Sensor de Chuva utilizado

4.3.4.3 – Sensor de nível

Para a elaboração do projeto foi utilizado o sensor modelo LC26M da ICOS conforme especificações apresentadas no capítulo 3. O protótipo possui 2 sensores de nível, que estão dispostos no reservatório superior de água de chuva (reservatório 2) a fim de efetuar a verificação de nível mínimo (Sen2) e de nível máximo (Sen3). Foram feitos dois furos de $\phi = 13$ mm, um na parte inferior e outro na parte superior (tampa) do reservatório para promover a fixação dos sensores, conforme mostrado nas figuras 4.35 e 4.36.



Figura 4.35 – Furos para fixação dos sensores



Figura 4.36 – Sensores fixados no reservatório superior de água de chuva

4.3.4.4 – Sistema de recalque (moto-bomba)

Para efetuar o bombeamento para o reservatório superior de água de chuva foi instalada uma bomba de aquário no interior do reservatório inferior, modelo mini C da Sarlo Better, conforme especificações constantes no capítulo anterior. Foi retirado o plug da tomada da bomba para facilitar na interligação no circuito e foram feitos dois furos na tampa do reservatório, um de $\phi = 7 \text{ mm}$ para passagem do fio de ligação da bomba e outro de $\phi = 13 \text{ mm}$ para passagem da mangueira de $\frac{1}{2}''$ para o bombeamento, conforme visualizado na figura 4.37.

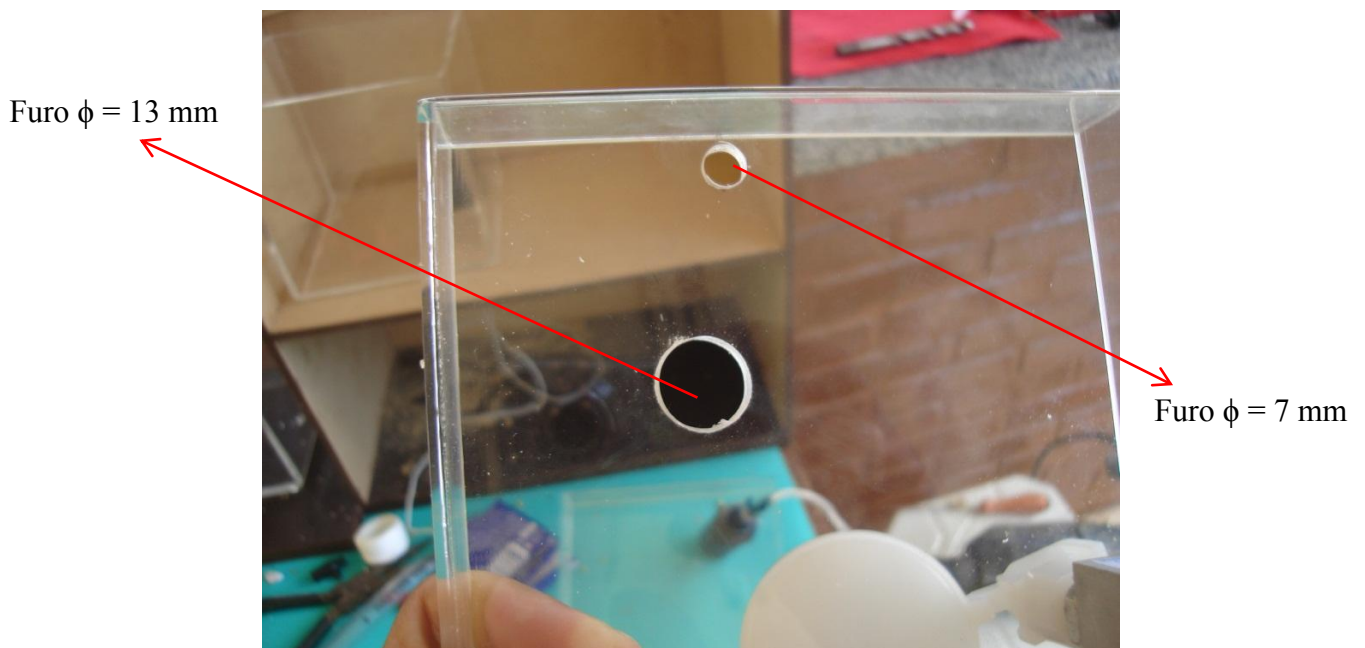


Figura 4.37 – Furos feitos para passagem do fio e mangueira da bomba

Em seguida, a bomba foi fixada no fundo do reservatório e encaixada à mangueira de bombeamento que atravessou a tampa pelo furo especificado. A outra ponta da mangueira atravessou a lateral da maquete e do reservatório em acrílico por meio dos furo, conduzindo a água ao reservatório superior de água de chuva (Reservatório 2). Essa ligação da bomba pode ser visualizada na figura 4.38.



Figura 4.38 – Passagem da mangueira e posicionamento da bomba

4.3.5 – Montagem do circuito na placa

O circuito foi montado em uma placa perfurada de acordo com o circuito desenvolvido no Proteus. Foi utilizado o relé de 12V devido a impossibilidade de aquisição do relé de 5V no mercado em tempo hábil. Para esta configuração foi necessária uma fonte de alimentação de 12V para o circuito que foi conectada em um borner instalado na placa que comportou também a interligação dos fios terra (GND) e VCC do Kit.

Para o circuito de acionamento da bomba e das válvulas solenóide foram instalados três conjuntos de dispositivos composto por um resistor de $222\ \Omega$, um transistor TIP122 e o relé de 12V, de acordo com o desenho do circuito apresentado anteriormente. Estes dispositivos foram dispostos na placa separadamente de modo a identificar cada acionamento. Nas figuras 4.39 e 4.40 estão ilustrados os modelos de relés e de transistor utilizados.



Figura 4.39 – Relé Tambo (12V)



Figura 4.40 – TIP 122

A placa comporta também o circuito da porta lógica HD74LS08P que foi utilizada para efetuar o compartilhamento do pino INT1 ligado aos dois sensores de nível, conforme descrito no item 4.3.2.1. Esses sensores são responsáveis pela abertura ou fechamento das válvulas solenóides acionando ou desacionando o relé do respectivo conjunto de dispositivos.

Na figura 4.41 pode-se observar o esquema dos pinos e a imagem da porta lógica utilizada.

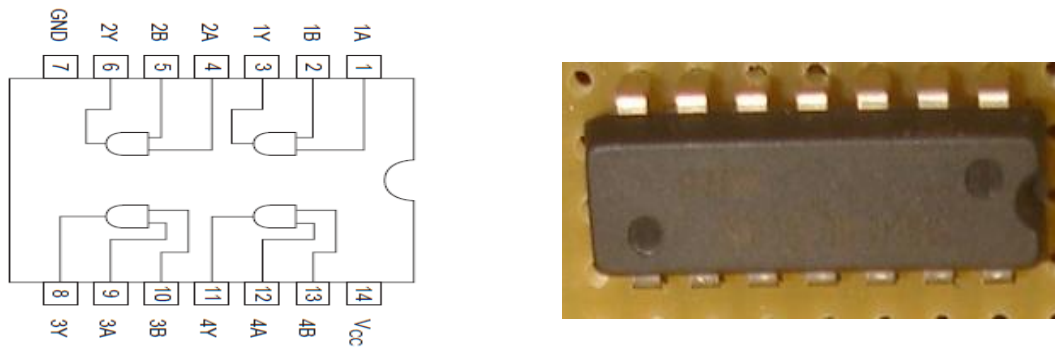


Figura 4.41 – Esquema dos pinos e imagem da porta lógica HD74LS08P

Os sensores (Sen2) e (Sen3) foram interligados aos pinos de entrada 3A e 3B, passando antes por resistores de 10K, conforme ilustrado na figura 4.42. Por meio dessa porta lógica AND é gerada uma saída no pino 3Y. Este pino de saída, por sua vez, está conectado ao pino de interrupção INT1. A imagem da porta lógica conectada na placa com os dois resistores interligados nos pinos de entrada podem ser visualizados na figura 4.42.

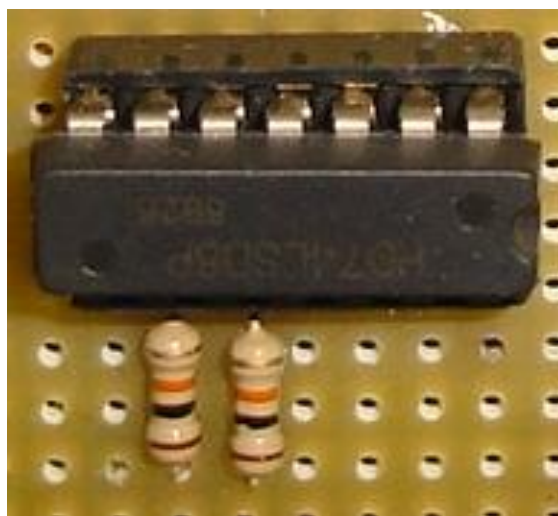


Figura 4.42 – Imagem da porta com os resistores de 10K nas entradas

A placa com o circuito foi montada e fixada na maquete, de acordo com a imagem 4.43.

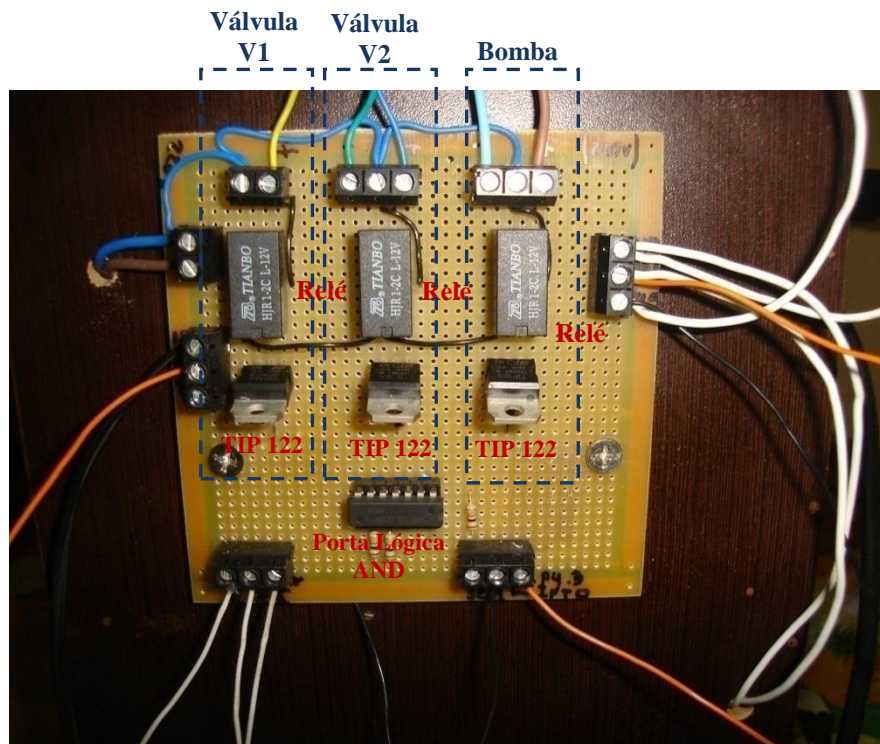


Figura 4.43 – Imagem da placa do circuito fixada na maquete

O último passo na montagem da placa foi a interligação do sensor de chuva, para isso foi utilizado outro transistor TIP 122 para ampliar o sinal emitido para o microcontrolador. Foi utilizado também um resistor de 10 K para efetuar uma queda de tensão e evitar qualquer retorno de voltagem superior ao microcontrolador, pois toda a placa de controle foi alimentada por uma fonte de 12V.

Em uma placa separada do circuito, foram montados os LED's de sinalização de "status" dos dispositivos com uma etiqueta de identificação. Essa placa foi também fixada no protótipo, conforme mostrado na figura 4.44.



Figura 4.44 – Imagem da placa com os LED's

4.3.6 – Interligação da maquete com o microcontrolador

Na placa onde foi montado o circuito foram colocados borners para ligação dos fios interligados ao microcontrolador. Estes fios foram identificados com etiquetas com numeração seqüenciada de 0 a 10 (com exceção do nº 3), de modo a facilitar a conexão com o kit na hora da demonstração.

No kit foram feitas pontes com fios interligando os respectivos pinos do microcontrolador ao protoboard, evitando que as pontas dos fios se quebrem no orifício do pino e impossibilite a sua utilização.

No protoboard, em frente a cada fio foi colada uma etiqueta com os números correspondentes as etiquetas colocadas nos fios vindos da placa do circuito, em concordância com os pinos utilizados no código do programa. A figura 4.45 apresenta a foto do kit com a interligação dos pinos ao protoboard e a figura 4.46 visualiza a interligação do kit à placa do circuito.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E APLICAÇÕES DO SISTEMA

O sistema desenvolvido neste trabalho demonstrou viabilidade de implantação. A automação facilita o controle e o gerenciamento do sistema, pois evita que etapas dos processos sejam acionadas manualmente.

5.1 – Área de Aplicação

Os resultados obtidos com o protótipo e a simulação do sistema de aproveitamento de água de chuva demonstram que é possível a aplicação desses conhecimentos na área de Engenharia Civil, especificamente quanto às instalações hidráulicas.

5.2 – Descrição da Aplicação do Sistema

Após a conclusão das etapas de implementação, chegou-se a um protótipo conforme demonstrado na figura 5.1.



Figura 5.1 – Imagem do protótipo concluído

Com o protótipo já conectado ao kit CW 552 e este interligado ao laptop foi iniciada a fase de testes. Durante a simulação, o protótipo funcionou adequadamente respondendo de

acordo com a proposta de escopo do trabalho. A figura 5.2 mostra todas as interfaces do sistema.



Figura 5.2 – interligações do sistema com o Kit e a conexão com o laptop.

O display do kit CW 552 representa a interface de visualização do sistema, nela é possível monitorar o funcionamento de todos os dispositivos. Caso não tivesse sido utilizado o kit, a placa de LED's com a visualização dos acionamentos seria montada integrada ao LCD, assim, o microcontrolador ficaria na placa de controle do circuito.

Para a simulação foi necessário um estabilizador para a conexão da fonte de 9V que alimenta o Kit, essa fonte foi ajustada para ser ligada em 110 V. A placa de controle do circuito, por sua vez, é alimentada com uma fonte de 12 V, que foi conectada a um filtro de linha e ligada na tensão de 220 V. A transmissão do código foi feita por meio de um laptop que conectado via porta USB e interligado a um cabo serial foi interligado ao Kit.

Com todas as unidades do sistema conectadas e as fontes de alimentação ligadas, primeiramente, o sistema foi testado desativado, ou seja sem a simulação de chuva. Nessa situação, todos os dispositivos estão desativados e o display do LCD exibiu as informações de “SECA” e “SENSOR DE CHUVA DESATIVADO”, conforme mostrado na figura 5.3.



Figura 5.3 – Mensagem inicial na situação de SECA

Ainda nessa situação, simulou-se a condição do reservatório vazio. Para isso, esvaziou-se o reservatório superior de água de chuva até que o sensor de nível mínimo foi acionado exibindo as seguintes mensagens no visor do LCD: “RESERVATORIO DE AGUA DE CHUVA VAZIO” e “INICIAR ABASTECIMENTO COM ÁGUA POTÁVEL”, de acordo com a figura 5.4.



Figura 5.4 – Mensagem para situação do reservatório superior de água de chuva vazio

Com o reservatório vazio, imediatamente a válvula V2 foi aberta e a informação “VÁLVULA V2 ABERTA” apareceu no LCD e iniciou-se o abastecimento do reservatório com água potável. A válvula V2 permaneceu aberta enquanto o reservatório não estava cheio. Essa mensagem pode ser visualizada na figura 5.5.

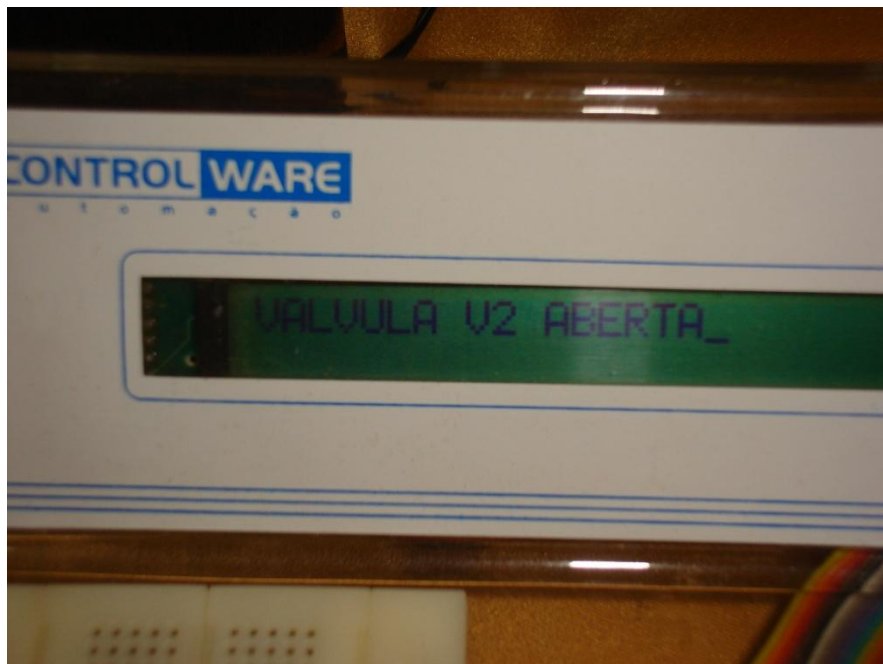


Figura 5.5 – Mensagem exibida ao abrir a válvula V2

Ao ser acionado o sensor de nível máximo, apareceu a seguinte mensagem no display: “RESERVATORIO SUP. AGUA DE CHUVA CHEIO” e a válvula V2 foi fechada exibindo a mensagem: “VÁLVULA V2 FECHADA”. A visualização dessas mensagens no LCD encontram-se nas figuras 5.6 e 5.7.

Foram realizados testes também ativando o botão do sensor de chuva, antes do reservatório estar cheio, nessa situação, a válvula V2 também foi fechada, interrompendo o abastecimento com água potável.



Figura 5.6 – Mensagem para condição do reservatório superior de água de chuva cheio



Figura 5.7 – Mensagem exibida ao fechar a válvula V2

Após o acionamento do botão para simular a condição de chuva, o LCD passou a mostrar as mensagens: “CHUVA” e “SENSOR DE CHUVA ATIVADO”. Em seguida, iniciou-se a rotina para a primeiras chuvas, mostrando as mensagens de: “CONTAGEM DE 10 S DE DESCARTE” e exibiu-se a contagem de tempo no LCD. Neste instante, a válvula V1 foi aberta e a mensagem “VÁLVULA V1 ABERTA” foi exibida no display, então, a água

começou a ser coletada no reservatório inferior. Iniciou-se a contagem de tempo para acionar a bomba com a mensagem: “ACIONAMENTO DA BOMBA EM 10 SEGUNDOS” e novamente, exibiu-se a contagem de tempo no display. Essa sequência de exibições no LCD podem ser visualizadas nas figuras 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11.



Figura 5.8 – Mensagens para situação de CHUVA (Sistema Ativado)



Figura 5.9 – Mensagens para contagem de tempo do descarte - Primeiras Chuvas



Figura 5.10 – Mensagens para tempo de acionamento da bomba - Primeiras Chuvas

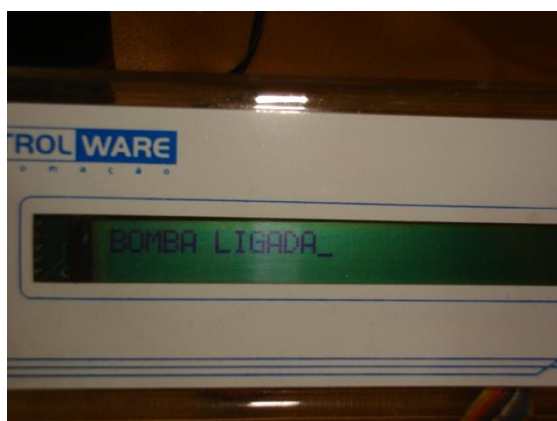


Figura 5.11 – Mensagens exibidas ao ligar a bomba e abrir a válvula V1

Em seguida, a bomba foi ligada e a água bombeada para o reservatório superior de água de chuva. Ainda na situação de chuva, a água permaneceu sendo bombeada até que o sensor de nível máximo (Sen3) localizado no reservatório superior foi acionado.

Ao ser acionado, a bomba foi imediatamente desligada, a válvula V1 fechada e as respectivas mensagens apareceram no LCD: “BOMBA DESLIGADA” e “VÁLVULA V1 FECHADA”, conforme ilustrado na figura 5.12. Com o auxílio da torneira colocada no reservatório, retirou-se um pouco da água até que o sensor desativou. Neste momento, a bomba foi religada e a válvula V1 novamente aberta.



Figura 5.12 – Mensagens exibidas ao desligar a bomba e fechar a válvula V1

Posteriormente, após a colocação do telhado envernizado, os testes foram efetuados despejando-se a água sobre o telhado para que ela escorresse para dentro da calha e assim, acionasse o sensor. Neste momento, foi testado o novo sensor de chuva para verificar a efetividade no acionamento.

5.3 – Resultados da Aplicação do Sistema

Trata-se de um sistema simples que pode ser instalado em residências, levando-se em consideração todas as variáveis necessárias para a implantação de um sistema de aproveitamento, tais como: pluviometria da região, áreas de telhado e capacidade dos reservatórios.

Após os testes de funcionamento do sistema, observou-se que para a sua implementação é necessário que se efetue os cálculos de vazão para as calhas e coletores, conforme já são previstos nos sistemas não automatizados, bem como para as demais tubulações para assegurar que as válvulas e bombas sejam especificadas adequadamente e haja pressão suficiente para garantir o seu bom funcionamento.

Na etapa de modelagem, é importante que as observações levantadas nos parágrafos anteriores, quanto à vazão e pressão na rede interna já tenham sido consideradas. A partir daí, é possível estabelecer os dispositivos hidráulicos e de controle adequados às condições do projeto, os quais determinam que dispositivos eletrônicos serão necessários na elaboração do circuito da placa de controle.

De posse desses dados, segue-se o procedimento tal qual foi demonstrado neste projeto, simulando o circuito com auxílio de software específico de modo a possibilitar os

testes preliminares de funcionamento. Ainda nesta etapa, é importante elaborar diagramas e fluxogramas com os processos do sistema que se pretende automatizar e as rotinas programadas que envolvem cada processo.

Na elaboração do código, deve-se atender todas as condições necessárias para o funcionamento do sistema. No sistema implementado, alguns artifícios de programação foram utilizados apenas por inexistências de outros dispositivos que efetuassem os controles necessários. Estas alterações no programa foram sendo efetuadas a medida que se realizavam os testes de funcionamento.

Por último, seguem-se a montagem das instalações hidráulicas com seus dispositivos e dos circuitos, bem como a efetivação do funcionamento. Nestas etapas, encontram-se as grandes deficiências do sistema implementado.

Na instalação das tubulações e dos dispositivos hidráulicos no protótipo, devido as dimensões reduzidas da maquete comparadas às dimensões reais das instalações hidráulicas de uma residência, houve alguns problemas quanto a inexistência de pressão nas tubulações o que dificultou o bom funcionamento das válvulas solenóide. Para corrigir esse problema, foi necessário alterar o funcionamento normal da válvula retirando o filtro interno e colando o pistão à borracha de vedação para que fosse vedada imediatamente após a válvula ser fechada movendo o pistão. Em funcionamento normal, quando a válvula é fechada o pistão é recolhido mas não recolhe junto a borracha de vedação, pois esta somente é vedada com a pressão da água que provoca um vácuo contraindo a borracha e interrompendo a passagem de água.

Na montagem da placa com o circuito de controle, o fato dos relés serem de 12V e as válvulas, a bomba e os sensores adquiridos trabalharem com a tensão de 220V ocasionou alguns problemas, pois ao serem dispostos na mesma placa fontes de alimentação distintas durante as simulações, houve algumas panes no sistema e o Kit era resetado perdendo o programa da memória. Após repetidos testes, verificou-se que durante alguns acionamentos das válvulas e da bomba, por estes serem dispositivos de carga indutiva havia uma sobrecarga e o sistema desligava automaticamente. Quando o sistema funcionava sem a utilização da alimentação de 220V, ou seja, utilizando-se apenas o acionamento dos relés com a fonte de 12V, mesmo após sucessivos testes, o sistema não desligava. Como solução desse problema, a fonte de alimentação de 220V foi retirada da placa e inserida em outra placa em separado, no qual foram colocados outros relés para efetuar o chaveamento, um para cada dispositivo, acionando os outros relés da placa de controle do circuito e os fios foram trocados por outros

de bitola superior e melhor isolamento. No entanto, para sanar definitivamente essa falha, foram incluídos os optoacopladores antes do circuito de acionamento de cada uma das válvulas e da bomba. Também foi acrescentado um diodo à cada relé de acionamento desses dispositivos, conforme mostrado no desenho dos circuitos apresentados, de modo a eliminar a carga indutiva e a corrente reversa.

5.4 – Custos de implementação

Para a instalação de um sistema compatível com o modelo proposto, além dos custos específicos com tubulações e dispositivos hidráulicos convencionais, seria necessário a aquisição de alguns dispositivos específicos como reservatórios, válvulas solenóide, bomba de recalque e sensores adequados. Segue na tabela 5, uma estimativa de custo de aquisição dos dispositivos hidráulicos e na tabela 6, o custo dos componentes eletrônicos para implementação do circuito e da placa de monitoramento.

Tabela 5 – Estimativa de custo dos dispositivos hidráulicos específicos para o modelo proposto

Quantidade	Itens	Especificações	Valor Unitário
02	Válvula solenóide	2 vias (1 Entrada/1 saída)	10,00
02	Bóia elétrica (eletrônível)	Pisos e estacionamentos	25,00
01	Moto-bomba	Submersa 1/4 Cv Bivolt Sucção 7 Metros 2400 L/h	300,00
01	Reservatório	Polietileno 1000 Litros	300,00
01	Reservatório	Polietileno 500 Litros	170,00
TOTAL			840,00

Tabela 6 – Estimativa de custo dos componentes eletrônicos

Quantidade	Itens	Especificações	Valor Unitário
04	Transistor	TIP 122	3,00
06	Relé	12 V	4,00
01	Fonte de alimentação	12 V	30,00
06	LED's	Auto brilho (verde)	2,00
09	Resistores	470 Ω / 560 Ω / 10 K Ω	2,00
01	Porta Lógica	AND	5,00
03	Optoacoplador	4N25	3,00
03	Diodos	IN400I	3,00
TOTAL			95,00

Calcula-se que custo total de implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva automatizado baseado no modelo proposto seja de aproximadamente R\$ 1.000,00, sem computar os gastos com tubulações, conexões, calhas e demais dispositivos hidráulicos utilizados nos sistemas convencionais.

5.5 – Avaliação Global do Sistema

Por fim, avalia-se positivamente o modelo apresentado, uma vez que cumpriu os objetivos propostos ao tempo em que se mostrou viável para aplicação.

Podem-se ressaltar as vantagens de compatibilidade com a tendência de projetos ambientalmente sustentáveis, bem como o apelo econômico em uma também tendência de buscar reduzir custos. Além disso, há margem neste projeto para aperfeiçoar a automação, buscando tecnologias, ou alternativas que possibilitem torná-lo ainda mais eficiente.

Não se pode menosprezar as limitações do trabalho, tendo em vista que as dimensões do protótipo foram muito reduzidas, e o microcontrolador utilizado possui suas limitações principalmente quanto ao número de portas para utilização como entrada para mais dispositivos, esses pontos dificultaram o atingimento das metas traçadas.

Em que pese os pontos negativos citados, vislumbrou-se oportunidades ainda maiores de reforçar o aprendizado proporcionado pela realização deste trabalho, ressaltando-se que todo o conhecimento agregado é também um fator de avaliação positiva, demonstrando que também academicamente os objetivos foram alcançados.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 – Conclusões

Os objetivos deste trabalho foram atingidos ao implementar um protótipo automatizado de um sistema de aproveitamento de água de chuva, controlado por microcontrolador e programado para realizar os processos de captação, armazenamento e distribuição da água de chuva dentro do ambiente de uma maquete. Vale ressaltar que, outro ponto também importante foi alcançado, a possibilidade de abastecimento do reservatório de distribuição de água de chuva com água potável nos períodos de seca em que não haja reserva de água de aproveitamento.

Diante desses resultados, é possível contribuir com o meio ambiente ao se reduzir a utilização de água tratada para fins menos nobres, como descargas sanitárias e rega de jardim. Assim, consequentemente contribuir para uma sensível economia na conta de água e para a diminuição no acúmulo de água nas áreas urbanas, evitando inundações e enchentes.

Portanto o sistema demonstrou que aplicando os conhecimentos da engenharia de computação na engenharia civil, pode-se desenvolver sistemas mais eficientes, precisos e acima de tudo seguros.

6.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, poderiam ser instalados pelo menos dois sensores de nível no reservatório inferior, a fim de controlar o nível mínimo para desligamento da bomba e de nível máximo para fechamento da válvula solenóide V1.

Além disso, também se pode desenvolver um painel integrado com LED's e LCD para visualizar os acionamentos do sistema pelo cliente com possibilidade de efetuar controles manuais dos dispositivos caso seja necessário a intervenção no sistema, bem como a alteração na programação do tempo de descarte.

Para aperfeiçoar ainda mais o modelo, seria interessante acrescentar mais dispositivos como filtros e até mesmo tanques de desinfecção por adição de produtos químicos, de modo que o sistema possa controlar a quantidade adicionada. Poderia ser acrescentado também, o processo de utilização demonstrando a programação para determinados pontos de utilização como jardim, por exemplo, que não foi contemplado neste projeto.

REFERÊNCIAS

AGUASTOCK: DISTRIBUIDOR WISY. **Catálogo de Produtos: Tecnologia para reaproveitamento de água de chuva**, 2010. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/download.htm>>. Acesso em 14/04/2011.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, Brasil, 2009. p. 24 Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/Downloads/2010/1%20-%20RELAT%C3%93RIO%20DE%20CONJUNTURA/Conjuntura_2010.pdf>. Acesso em: 05/03/2011.

ANA / FIESP & SindusCon (2005). **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 151p.

ARAÚJO, J. Milton de. **Recursos Hídricos Mundiais**. Fortaleza, DNOCS, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

BRAGA, Benedito. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Fortaleza, 2ª. Ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2005.

CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL. **Lei 3.677 de 13 de outubro de 2005 e Lei 4.181 de 21 de julho de 2008**. Disponível em: <<http://www.cl.df.gov.br/Legislacao>>. Acesso em: 05/03/2011.

CENED, Centro de Educação a Distância. **Curso de Gerenciamento e Reuso da Água**. Disponível em: <<http://www.cenedcursos.com.br/curso-gerenciamento-reuso-agua.html>>. Acesso em: 05/03/2011.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental da Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br>>. Acesso em: 05/03/2011.

CONTROLWARE AUTOMAÇÃO. **Manual do usuário - KIT CW552**. Disponível no Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

CORRADI. J. **Microcontrolador 8051 Disciplina: - TDM II - Técnicas Digitais e de Microprocessadores II**. Campinas. COTUCA. Disponível em: <<http://www.corradi.junior.nom.br>>. Acesso em: 24/04/2011.

DILLAHA, TA, III e ZOLAN, WJ (1995). **A água da chuva “a qualidade da água de captação na Micronésia, Recursos Hídricos**, vol. 19, Nº. 6, PP. 741-746.

ECLIPSE FOUNDATION – COPYRIGHT. Disponível em: <<http://www.eclipse.org>>. Acesso em: 15/04/2011.

ELETRICIDADE BASICA. Roteiro da Experiência 10: Circuitos Optoeletrônicos. Disponível em: <<http://www.labspot.ufsc.br/~katia/eel7011/Aula10.PDF>>. Acesso em: 03/07/2011.

EMICOL Eletro Eletrônica S.A. Válvulas de entrada de água Simples. Disponível em: <<http://www.emicol.com.br>>. Acesso em: 15/04/2011.

GeoCities. **Tudo sobre relés**. Disponível em: <<http://www.oocities.org/br/gedaepage/Doc/relés/relés.htm>>. Acesso em 03/07/2011.

GRASSI, M. T. **As Águas do Planeta Terra**. Edição Especial, mai. 2001.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento de água da chuva**. Curitiba, PR: Torre de Papel, 2002.

ICOS. **LCM26-40: Sensores de Nível para líquidos**. Folha de Dados. Rev. 00 – 03/2010. Disponível em:< <http://www.icos.com.br/Nivel/nivel.php>>. Acesso em: 15/04/2011.

ISA – Instituto Sócio Ambiental . **Almanaque Brasil Sócio Ambiental**. 2004.

Intel 8051. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Intel_8051. Acessado 15/04/2011.

JACOBI, P. **Educação, meio ambiente e cidadania: reflexão e experiências**. São Paulo: SMA, 1998

LABCENTER ELECTRONICS. Proteus. Inglaterra, 2006. Disponível em: http://www.labcenter.co.uk/index_uk.htm. Acesso em: 15/04/2011.

MARINHO, J. E. S. & MARINHO, E. dos Santos. **Mini Curso de Microcontrolador**, ed. Especial nº 2, Saber Eletrônica, Janeiro 2001. Disponível em: www.ivair.com.br/download/minicurso.pdf. Acesso em: 10/04/2011.

MICROCONTROLADOR 8051. Disponível em: <http://www.das.ufsc.br/~werner/eel7030/8051/Apostila8051Hari.pdf>. Acesso em: 24/04/2011.

MICROCONTROLADORES. Disponível em: <http://www.microcontrolador.com.br/software.php?id=4>. Acessado 24/05/2011.

MOTOROLA. **Datasheet Optoacoplador 4N25**, 1995. Disponível em: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/4N26.pdf>. Acesso em: 03/07/2011.

NASCIMENTO, E. B. **Aplicação da Programação de Microcontroladores 8051 utilizando linguagem C**. 2009. 80p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Faculdade sete de setembro – FASETE.

NICOLOSI, D. E. C. & BRONZERI, R. B. **Microcontrolador 8051 com linguagem C: prático e didático: família AT89S8252 atmel**. 2ª ed. São Paulo, Érica, 2008.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, vol.4, nº.3, Sept./Dec. 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000300025&script=sci_arttext. Acesso em: 05/03/2011.

ROZA, A. S. Rodrigues da; BRUM, C. E. D. & SILVA, L. Santos da. **Compilador Configurável para Processadores Embarcados**. 2001. 112 f. Trabalho de Conclusão de SÁ, Mauricio Cardoso de. **Programação C para Microcontroladores 8051**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2005.

SARLO BETTER. Moto Bomba Submersa Mini C. **Manual do proprietário**. Disponível em: < <http://www.sarlobetter.com.br/index.php?action=showNews&id=140>>. Acesso em: 15/04/2011.

SDCC. Small Device C Compiler. Disponível em: <<http://sdcc.sourceforge.net>>. Acesso em: 24/04/2011.

SOUZA, João Paulo, 2003. **Programação em C e Assembly**. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~jms/SUC/AulaLab3.pdf>>. Acesso em: 15/04/2011.

STÉFANI Lojas on line. Disponível em: <http://loja.ceramicastefani.com.br/products_new.php?osCsid=t4aa10e83674ca132948037>. Acesso em 15/04/2011.

TOMAZ, P. (2003). **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Navegar São Paulo, 180p.

TUNDISI, J.G., **Água no século XXI**, 2. ed. São Carlos, 2005.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura. **Objetivos de desenvolvimento do milênio** – Relatório Nacional de acompanhamento. Brasil, 2004. Disponível em: <<http://planipolis.iiep.unesco.org/upload/Brazil/Brazil%20MDG%20Report%20Portuguese%20version.pdf>>. Acesso em: 20/04/2011

UNIÁGUA - Universidade da Água: **Água no planeta**. Disponível em: <HTTP://www.uniagua.org.br>. Acesso em : 20/04/2011.

WIKIPEDIA FOUNDATION. 2006. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Applet>>. Acesso em: 24/04/2011.

WRI (World Resources Institute), 1998. Freshwater Resources and Withdrawals, 1970–98. Oxford: Oxford University Press. Disponível em: <http://pdf.wri.org/wrr98_chapter12.pdf>. Acesso em: 05/03/2011.

WWF-Brasil. **Caderno Águas.** 2011. Disponível em: <<http://cadernoaguas.wwf.org.br/atividades>>. Acesso em: 05/03/2011.

ZELENOVSKY, R. & MENDONÇA, A. **Microcontroladores: Programação e Projeto com a família 8051.** MZ, Rio de Janeiro, 2005.

3P TECHNIK DO BRASIL Ltda. **Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais.** Disponível em: <www.agua-de-chuva.com/brazil/index.php>. Acesso em: 05/03/2011.

APÊNDICES

Apêndice A – Código do Programa

/*

Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Disciplina: Projeto Final

Professor: Francisco javier

Aluna: Lília Rodrigues Lucas Curso: Engenharia da Computação

Tema: Automação e controle em Sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis

*/

#include "8051.h"

#define ON 1

#define OFF 0

#define LED1 P1_0 //Indica status da Bomba (Ligada/Desligada)

#define LED2 P1_1 //Indica status da válvula-V1 (Aberta/Fechada)

#define LED3 P1_2 //Indica status da válvula-V2 (Aberta/Fechada)

#define LED4 P1_3 //Indica se sen1 está ativado ou desativado

#define LED5 P1_4 //Indica se sen2 está ativado ou desativado

#define LED6 P1_5 //Indica se sen3 está ativado ou desativado

#define VALVULA_RESERV_INFERIOR P1_6 //Válvula (V1) abastece reservatório-1 (inferior)

#define VALVULA_ENTRADA_POTAVEL P1_7 //Válvula (V2) abastece reservatório-2 com água potável

#define MOTO_BOMBA P4_2 //Bombeia água do reservatório-1 para o reservatório-2

#define SENSOR_CHUVA P4_7 //sen1 - Sensor de Chuva (Calha)

#define SENSOR_NIVEL_MINIMO P4_4 //sen2 - Sensor de nível Mínimo do Reservatório-2

```

#define SENSOR_NIVEL_MAXIMO      P4_6 //sen3 - Sensor de nível Máximo do
Reservatório-2

//#define SENSORES_NIVEL      INT1 //sen2/sen3(INT1) - Sensores de nível máximo e
mínimo

//Dispositivos
sbit at 0xC2 P4_2; //Moto Bomba
sbit at 0xC7 P4_7; //Sensor de Chuva (Sen1)
sbit at 0xC4 P4_4; //Sensor Nível Mínimo (Sen2)
sbit at 0xC6 P4_6; //Sensor Nível Máximo (Sen3)
sbit at 0x96 P1_6; //Válvula (V1)
sbit at 0x97 P1_7; //Válvula (V2)

//Leds
sbit at 0x90 P1_0; //LED1
sbit at 0x91 P1_1; //LED2
sbit at 0x92 P1_2; //LED3
sbit at 0x93 P1_3; //LED4
sbit at 0x94 P1_4; //LED5
sbit at 0x95 P1_5; //LED6

//Definições do LCD
#define LINHA1_LCD 0x80
#define LINHA2_LCD 0xc0
xdata at 0x3801 unsigned char Lcd_dado;
xdata at 0x3800 unsigned char Lcd_cont;

//Declaração de variáveis globais
volatile int sensor_chuva_ativado;
volatile int sensor_nivel_minimo;
volatile int sensor_nivel_maximo;
//int cont_INT0;
int num_acionamento;

```

```

//Protótipo das funções (subrotinas)
void iniciarSistema    (void);
void iniciarLCD        (void);
void executarComandoLCD (unsigned char a);
void posicionarCursorLCD (unsigned char linha, unsigned char coluna);
void limparLCD         (void);
void escreverCaractereLCD(char caractere);
void escreverLCD        (char *palavra);
void escreverDezenaLCD  (int dezena);
void contaTempoLCD      (unsigned long int quantidadeMilisegundos);
void delay_ms          (volatile unsigned short i);
void delay              (int tempo);
void sistemaAtivado     (void);
void primeirasChuvas    (void);
void reservatorioCheio  (void);
void reservatorioVazio  (void);
void sistemaDesativado  (void);
void converterMilisegundosHorario(unsigned long int quantidadeMilisegundos,unsigned long
int *horas, unsigned long int *minutos, unsigned long int*segundos);
unsigned long int converterHorarioMilisegundos(unsigned long int horas,unsigned long int
minutos);

//=====
// ROTINA 1 - Iniciar o Sistema
//=====
void iniciarSistema(void)
{
    //Iniciar Leds
    P1_0 = P1_1 = P1_2 = P1_3 = P1_4 = P1_5 = OFF;//Leds apagados

    //Iniciar Dispositivos
    P1_6 = OFF; //Válvula V1 fechada
    P1_7 = OFF; //Válvula V2 fechada

```

```

P4_2 = OFF; //Bomba desligada
P4_7 = ON; //Sen1 - Sensor de Chuva iniciado em nível lógico ("1")
P4_4 = ON; //Sen2 - Sensor nível mínimo
P4_6 = ON; //Sen3 - Sensor nível máximo
//INT0 = ON; //INT0(Sen1) iniciado em nível lógico ("1")
//INT1 = ON; //INT1(sen2/sen3) iniciado em nível lógico ("1")

sensor_chuva_ativado = OFF; //Sen1 ativado
sensor_nivel_minimo = OFF; //Sen2 desativado
sensor_nivel_maximo = OFF; //Sen3 desativado
//cont_INT0 = 0; //Contador do número de interrupções INT0 (acionamentos do sen1)
num_acionamento = 1;

//Habilita as interrupções
EX0 = 1; //habilita INT0
EX1 = 1; //habilita INT1
IT0 = 1; //indica que INT0 terá o acionamento por borda
IT1 = 1; //indica que INT1 terá o acionamento por borda
EA = 1; //habilita interrupcao geral
//Iniciar o lcd
iniciarLCD();
}
//-----
// Inicia o lcd
//-----
void iniciarLCD(void)
{
    executarComandoLCD(0x38);
    executarComandoLCD(0x06);
    executarComandoLCD(0x0E);
    executarComandoLCD(0x01);
}
/*=====

```

Programa principal

```
=====*/  
void main(void)  
{  
    //Iniciar Sistema  
    iniciarSistema();  
  
    while(1){  
  
        // sen1 acionado - Chovendo  
        if (sensor_chuva_ativado == ON){  
  
            if (num_acionamento == 1){  
                primeirasChuvas();  
            }  
            sistemaAtivado(); //Rotina para sistema ativado  
  
            num_acionamento++;  
  
            if (SENSOR_CHUVA == 1){  
                sensor_chuva_ativado = OFF; // Sen1 Desativado  
            }  
        }  
  
        // sen1 desativado - Seca  
        if (sensor_chuva_ativado == OFF){  
  
            sistemaDesativado(); //Rotina para sistema desativado  
  
            if (sensor_nivel_minimo == ON) { // sen2 acionado - Reservatório2 vazio  
                reservatorioVazio(); // Rotina para verificar se reservatório-2 está  
vazio  
            }  
        }  
    }  
}
```

```

else{

    LED5 = OFF; //Apaga led para indicar que Sen2 está desativado
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("AGUA      DISPONIVEL      RESERVATORIO      DE
CHUVA"); //Escreve na linha 1
    delay(3);

    limparLCD(); //Apaga toda a tela
}

if (sensor_nivel_maximo == ON){ // sen3 acionado - Reservatório2 cheio
    reservatorioCheio(); // Rotina para reservatório-2 cheio
}

if (SENSOR_CHUVA == 0){
    sensor_chuva_ativado = ON; // Sen1 Desativado
}
}

}

//-----
//*****

//- Posiciona o cursor no lcd -
//*****

void posicionarCursorLCD(unsigned char linha, unsigned char coluna)
{
    executarComandoLCD( (linha == 1 ? LINHA1_LCD : LINHA2_LCD) + coluna - 1);
}

//*****

//- Limpar o lcd -
//*****

void limparLCD(void)

```



```

{
    executarComandoLCD(0x01);
}
//*****

// Faz o lcd executar um comando -
//*****

void executarComandoLCD(unsigned char a)
{
    Lcd_cont = a;
    delay_ms(2);
}
//*****

//- Escreve um caractere no lcd -
//*****

void escreverCaractereLCD(char caractere)
{
    Lcd_dado = caractere;
    delay_ms(2);
}
//*****

//- Escreve uma string no lcd -
//*****

void escreverLCD(char * palavra)
{
    do escreverCaractereLCD(*palavra);
    while (*++palavra);
}
/*-----

    ROTINA 2 - Escreve uma dezena no lcd
    -----*/

void escreverDezenaLCD(int dezena)
{
    int d = dezena % 100;

```

```

    escreverCaractereLCD('0' + (d / 10));
    escreverCaractereLCD('0' + (d % 10));
}
/*-----

    ROTINA 3 - Conta Tempo no LCD
    -----*/

void contaTempoLCD(unsigned long int quantidadeMilisegundos) {

    unsigned long int horas = 0;
    unsigned long int minutos = 0;
    unsigned long int segundos = 0;

    while (quantidadeMilisegundos > 0){
        converterMilisegundosHorario(quantidadeMilisegundos,      &horas,      &minutos,
&segundos);
        posicionarCursorLCD(2,20);
        escreverDezenaLCD((int)horas);
        escreverCaractereLCD(':');
        escreverDezenaLCD((int)minutos);
        escreverCaractereLCD(':');
        escreverDezenaLCD((int)segundos);
        delay_ms(1000);
        quantidadeMilisegundos = quantidadeMilisegundos-1000;
    }
}
/*-----

    ROTINA 4 - Converte um horário
    -----*/

void converterMilisegundosHorario(unsigned long int quantidadeMilisegundos,
unsigned long int *horas, unsigned long int *minutos, unsigned long int
*segundos) {

    *segundos = quantidadeMilisegundos / 1000;

```

```

    *minutos = *segundos / 60;
    *segundos = *segundos % 60;
    *horas = *minutos / 60;
    *minutos = *minutos % 60;
}
/*-----
    ROTINA 5 - Rotina de acionamento do Sistema
-----*/

void sistemaAtivado(void){

    LED4 = ON; //Asceso Led indicador que Sen1 está ativado
    VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = OFF;
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("CHUVA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
    escreverLCD("SENSOR DE CHUVA ATIVADO");//Escreve na linha 2
    delay(3);

    limparLCD();//Apaga toda a tela

    if (sensor_nivel_maximo == ON){ // sen3 acionado - Reservatório2 cheio
        reservatorioCheio(); // Rotina para reservatório-2 cheio

    }else{
        LED6 = OFF; //Apaga led para indicar que Sen3 está desativado
        MOTO_BOMBA = ON; //Bomba ligada
        LED1 = ON; //Asceso Led indicador que a bomba está ligada
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
        escreverLCD("BOMBA LIGADA");//Escreve na linha 1
        delay(3);
        limparLCD();//Apaga toda a tela
    }
}

```

```

    VALVULA_RESERV_INFERIOR = ON; //Abre Válvula V1
    LED2 = ON; //Ascende Led indicador que válvula V1 está aberta
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("VALVULA V1 ABERTA");//Escreve na linha 1
    delay(3);

    limparLCD();//Apaga toda a tela
}
}
/*-----
    ROTINA 6 - Rotina de acionamento para as Primeiras Chuvas
-----*/
void primeirasChuvas(void){

    LED4 = ON; //Ascende Led indicador que o sen1 está ativado
    VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = OFF;
    LED3 = OFF; //Ascende Led indicador que a válvula(V2) está aberta)
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("VALVULA V2 FECHADA");//Escreve na linha 1
    delay(3);

    limparLCD();//Apaga toda a tela

    if (sensor_nivel_maximo == ON){ // sen3 acionado - Reservatório2 cheio
        reservatorioCheio(); // Rotina para reservatório-2 cheio

    }else{
        LED6 = OFF; //Apaga led para indicar que Sen3 está desativado
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
        escreverLCD("CHUVA");//Escreve na linha 1
        delay(3);
        posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
    }
}

```

```
escreverLCD("SENSOR DE CHUVA ATIVADO");//Escreve na linha 2  
delay(3);
```

```
limparLCD();//Apaga toda a tela
```

```
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1  
escreverLCD("CONTAGEM DE 10 SEGUNDOS PARA DESCARTE:");//Escreve na linha 1  
delay(3);  
contaTempoLCD(10000);//Contar tempo de descarte  
VALVULA_RESERV_INFERIOR = ON; //Abre a válvula (V1)  
LED2 = ON; //Ascende Led indicador que a válvula(V1)para o reservatório-1 está aberta  
limparLCD();//Apaga toda a tela
```

```
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1  
escreverLCD("VALVULA V1 ABERTA");//Escreve na linha 1  
delay(3);
```

```
posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2  
escreverLCD("INICIANDO ARMAZENAGEM DE AGUA DA CHUVA");//Escreve na  
linha 1  
delay(3);  
limparLCD();//Apaga toda a tela
```

```
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1  
escreverLCD("ACIONAMENTO DA BOMBA EM T SEGUNDOS:");//Escreve na linha 1  
delay(3);  
contaTempoLCD(10000); //Contagem do tempo para a água do atingir o nível necessário para  
o acionamento da bomba
```

```
limparLCD();//Apaga toda a tela
```

```
MOTO_BOMBA = ON; //liga a bomba
```

```
LED1 = ON; //Ascende Led indicando que a bomba está ligada
```

```

    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("BOMBA LIGADA");//Escreve na linha 1
    delay(3);

    limparLCD();//Apaga toda a tela
}
}
/*-----
ROTINA 7 - Rotina acionada quando reservatório-2 estiver cheio
-----*/
void reservatorioCheio(void){

    LED6 = ON; //Ascende Led indicador que Sen3 está ativado
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("RESERVATORIO SUP. AGUA DE CHUVA CHEIO");//Escreve
na linha 1
    delay(3);

    limparLCD();//Apaga toda a tela

    if (sensor_chuva_ativado == ON){//Situação de Chuva

        MOTO_BOMBA = OFF; //Desliga a bomba
        LED1 = OFF; //Apaga Led para indicar que a bomba está desligada
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
        escreverLCD("BOMBA DESLIGADA");//Escreve na linha 1
        delay(3);

        limparLCD();//Apaga toda a tela

        VALVULA_RESERV_INFERIOR = OFF; //fecha a válvula (V1)
        LED2 = OFF; //Apaga Led indicador que a válvula(V1) está aberta
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1

```

```

escreverLCD("VALVULA V1 FECHADA");//Escreve na linha 1
delay(3);
limparLCD();//Apaga toda a tela

posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
escreverLCD("EFETUANDO DESCARTE DE AGUA DA CHUVA");//Escreve na linha 1
delay(3);
limparLCD();//Apaga toda a tela
}

if (sensor_chuva_ativado == OFF){//Situação de Seca
    VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = OFF;//Fecha a válvula V2
    LED3 = OFF; //Ascende Led indicador que válvula(V2) está aberta
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("VALVULA V2 FECHADA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    limparLCD();//Apaga toda a tela
}

if (SENSOR_NIVEL_MAXIMO == 1){
    sensor_nivel_maximo = OFF;
}
}

/*-----
ROTINA 8 - Rotina para o sistema desativado
-----*/

void sistemaDesativado(void){

    LED4 = OFF; //Apaga Led indicando que o sen1 está desativado
    posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
    escreverLCD("SECA");//Escreve na linha 1
    delay(3);
    posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2

```

```
escreverLCD("SENSOR DE CHUVA DESATIVADO");//Escreve na linha 2
delay(3);
```

```
limparLCD();//Apaga toda a tela
```

```
MOTO_BOMBA = OFF; //Desliga a bomba
LED1 = OFF; //Apaga Led para indicar que a bomba está desligada
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
escreverLCD("BOMBA DESLIGADA");//Escreve na linha 1
delay(3);
```

```
limparLCD();//Apaga toda a tela
```

```
VALVULA_RESERV_INFERIOR = OFF; //fecha a válvula (V1)
LED2 = OFF; //Ascende Led indicador que a válvula (V2) está aberta
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
escreverLCD("VALVULA V1 FECHADA");//Escreve na linha 1
delay(3);
```

```
limparLCD();//Apaga toda a tela
num_acionamento = 1;
```

```
}
```

```
/*-----
```

```
ROTINA 9 - Rotina para verificar se reservatório-2 está vazio
```

```
-----*/
```

```
void reservatorioVazio(void){
```

```
LED5 = ON; //Ascende Led indicador que Sen2 está ativado
posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
escreverLCD("RESERVATORIO DE AGUA DE CHUVA VAZIO");//Escreve
na linha 1
delay(3);
posicionarCursorLCD(2,1); //Posicionar cursor na linha 2
```



```

        escreverLCD("INICIAR      ABASTECIMENTO      COM      AGUA
POTAVEL");//Escreve na linha 2
        delay(3);

        limparLCD();//Apaga toda a tela

        VALVULA_ENTRADA_POTAVEL = ON;//Válvula V2 aberta
        LED3 = ON; //Ascende Led indicador que a válvula(V2) está aberta
        posicionarCursorLCD(1,1); //Posicionar cursor na linha 1
        escreverLCD("VALVULA V2 ABERTA");//Escreve na linha 1
        delay(3);

        limparLCD();//Apaga toda a tela

        if (SENSOR_NIVEL_MINIMO == 1){
            sensor_nivel_minimo = OFF;
        }
    }

/*=====
ROTINA 10 - Espera 1 milissegundo
=====*/
void delay_ms(volatile unsigned short i){

    volatile unsigned long j;

    j = i*300;
    while(j--);
}

/*=====
ROTINA 11 - Espera 1 segundo no LCD

```

```

=====*/
void delay (int tempo) {

    int j, k, l;
    j = tempo*3;

    for (k=0; k<=j; k++)
    {
        for (l=0; l<=32767; l++);

    }
}

//fim Rotina 11

/*=====
   Interrupção INT0 - ativada quando o sensor de chuva(sen1) é ativado
=====*/

void int0(void) interrupt 0 using 0
{
    if (SENSOR_CHUVA == 0){
        sensor_chuva_ativado = ON; // Sen1 ativado
        //SENSOR_CHUVA = 1; //Reinicia o status inicial do sen1
        num_acionamento = 1;

    }
    //else{
    //    sensor_chuva_ativado = OFF; // Sen1 desativado
    // }

}

/*=====
   Interrupção INT1 - ativada quando o sensores de nível(sen2/sen3) são ativados
=====

```

```

=====*/
void int1(void) interrupt 2 using 1
{
    if (SENSOR_NIVEL_MAXIMO == 0){
        sensor_nivel_maximo = ON;
        //SENSOR_NIVEL_MAXIMO = 1;

    }else{
        sensor_nivel_maximo = OFF;
    }

    if (SENSOR_NIVEL_MINIMO == 0){
        sensor_nivel_minimo = ON;
        //SENSOR_NIVEL_MINIMO = 1;

    }else{
        sensor_nivel_minimo = OFF;
    }
}

```

ANEXOS

Anexo A – Datasheet da porta lógica HD74LS08P

Anexo B – Datasheet do Transistor TIP 122

Anexo C – Datasheet do optoacoplador 4N25

Anexo D – Manual da bomba mini C

Anexo E – Manual do sensor de nível LC26M-40